

Dagvatten i Märsta

Förslag till anläggning för ekologisk hantering samt metodöversikt

Sofia L. Wulff



*EX 0324 Examensarbete för yrkesexamen på landskapsarkitekt-
programmet 2008*

© Sofia L. Wulff

*English title: Stormwater in Märsta - A proposal on a facility for eco-
logical treatment and an overview of methods*

Handledare: Tomas Eriksson, institutionen för stad och land

Biträdande handledare: Bengt Krusemo, Bjerking AB

Examinator: Petter Åkerblom, institutionen för stad och land

Biträdande examinator: Tomas Andersson, WSP Samhällsbyggnad

Online publication of this work: <http://epsilon.slu.se>

Alla foton och illustrationer av författaren där inget annat anges.

Förord och tack

Detta examensarbete behandlar ekologiska metoder för dagvattenhantering som ett alternativ till traditionella system. Det ger en översiktlig bild av dagens situation och praktiska exempel på ekologisk dagvattenhantering. Tanken är att inspirera och informera dem som arbetar med dagvattenfrågor och samhällsplanering om ekologiska metoder och de positiva effekter de kan ge.

Varma tack vill jag rikta till Bengt Krusemo på Bjerking AB i Uppsala och Tomas Eriksson på institutionen för stad och land, SLU Uppsala, för stöd och expertis samt Tomas Andersson som i sista stund ryckte in som biträdanade examinator. Tack också till personalen på Bjerking i Uppsala för kontorsplats, hjälp och trevligt bemötande; Ulf Thysell på VA Syd; Sofia Stenberg och Katarina Nilsson på Borlänge energi och Michael Eriksson, gatu- och parkchef i Sigtuna kommun. Slutligen förtjänar mina närstående en hedersmedalj för att ha hjälpt mig att hålla kursen ända in i mål!



Innehåll

FÖRORD	3	VIKTIGA ELEMENT OCH KARAKTÄRER	18	PLANERING OCH UTFORMNING	34
INNEHÅLL	4	VÄXTVAL	19	DAGVATTENPLANERING – OLIKA TANKAR OCH ARBETSSÄTT	34
ABSTRACT	6	TEKNISKA LÖSNINGAR	19	Att planera en dagvattenanläggning	34
SAMMANFATTNING	6	SKÖTSEL OCH UNDERHÅLL	19	UTFORMNING	35
BARA VANLIGT VATTEN	7	IDÉFÖRSLAGET	20	Gestaltning och vegetation	36
Syfte	7	LÅT VATTNET VISA VÄGEN: IDÉFÖRSLAG	20	Exempel på utformning	36
Metod och genomförande	7	DEL 2: DAGVATTENHANTERING UR ETT STÖRRE		METODER	38
Avgränsning	7	PERSPEKTIV	25	METODER FÖR DAGVATTENHANTERING	38
Målgrupp	7	RESURSFÖRVALTNING	26	Gröna tak	38
Definitioner av centrala begrepp	7	RESURSER OCH ANSVAR	26	Markvegetation	38
Upplägg av arbetet	7	VATTEN I VÄRLDEN	26	Genomsläppliga markbeläggningar	38
DEL 1: ANLÄGGNING FÖR DAGVATTENHANTERING I STENINGEDALEN	9	SVENSK VATTENPOLITIK OCH LAGAR	26	Perkolationsmagasin	39
SIGTUNA KOMMUN	10	Miljömålen	26	Våtmarksanläggningar och dammar	39
PLANERINGSSITUATION	10	Vattenförvaltning	27	Konstruerade filter	40
Framtidsutsikter för Märsta	10	Kommunerna	27	LUD – lokalt utnyttjande av dagvatten	40
Dagvattenhantering i Sigtuna kommun	11	Vägverket	27	EXEMPEL	41
Planer för Steningedalen	11	DEN BIOLOGISKA SITUATIONEN	28	ERFARENHETER AV ED OCH EXEMPEL FRÅN NÅGRA PLATSER	41
PLATSEN	12	Rationaliserade landskap	28	Framtidsdalen i Borlänge - växter i fokus	41
PLATSBESKRIVNING OCH ANALYS	12	DAGVATTENHANTERING	29	Malmö stad – integrerad planering	42
Val av plats	12	FRÅN TEKNISKT PROBLEM TILL RESURS I UTEMILJÖN	29	Hammarby sjöstad – stadsmässigt kretslopp	44
INVENTERING	13	ÄNTIKA OCH MODERNA STÄDER	30	Problem och farhågor	45
LANDSKAPSANALYS	14	Kombinerade och separata ledningar	30	DISKUSSION	46
RUMSANALYS	15	Nya idéer	31	DAGVATTENHANTERING FÖR LANDSKAPSARKITEKTER	46
PLANOMRÅDETS FÖRUTSÄTTNINGAR	16	EKOLOGISK DAGVATTENHANTERING	31	FÖRSLAGET	46
Mark- och vattenförhållanden	16	HÅLLBAR DAGVATTENHANTERING	31	ATT VÄLJA VÄG	47
DIMENSIONERING	17	POSITIVA EFFEKTER	31	ARBETSPROCESSEN	47
PROGRAMMET	18	Rekreation	31	REFERENSER KÄLLOR	48
LÅT VATTNET VISA VÄGEN	18	Peadgogik	31	INTRESSANT OM DAGVATTEN OCH HÅLLBART SAMHÄLLE	49
		Ekonomi	31		
		VAD ÄR DET SOM HANTERAS?	32		
		DAGVATTENKVALITET	32		
		Dagvattnets föroreningar	32		
		Klassificering av dagvatten och recipienter	32		
		RENINGSPROCESSER OCH EFFEKT	33		
		Sedimentering	33		
		Växternas näringsupptag	33		
		Biologisk nedbrytning	33		



Abstract

Stormwater in urban areas has been treated as a problem for a long time. The large proportion of impermeable surfaces inhibits the water from infiltrating in the ground to the same extent that it does in nature. This causes intensive surface flow during rain, which in turn causes inconveniences such as decreased accessibility, floods and increased risk of disease spreading. Drainage through pipes is the traditional and usually functional metod for storm water disposal. That is as long as water flows are moderate. But precipitation varies naturally in amount and intensity and additional impermeable surfaces make some pipes insufficient for heavy or lasting precipitation. Poor infiltration will in the long run disturb the balance in groundwater levels. In addition to this there is also a need for alternative methods that handle the pollution, a need which has been stressed more and more in the last decades.

Older sewer systems combine storm water with wastewater for treatment in purification plants. That way pollution is taken care of; but intensive waterflow decreases the puification effect and pipe overflows can occur in lowland areas. Since the second half of the 20th century, all new stormwater systems are separate from wastewater systems. Stormwater is disposed in nature, which means a risk for species and ecosystems.

Today ponds, wetlands and permeable surfaces are often seen in urban environment. These are examples of “ecological stormwater handling”, which has had a breakthrough connected to the strife for sustainable development. The idea of ecological stormwater handling is to lead the water back into its natural cycle and let natural processes take care of the purification. Using stormwater in the urban environment also gives other benefits. This type of facilities are often designed as nice recreational areas and at the same time the visual water cycle can have an educational function. In some cases it is directly economically beneficial to replace the traditional systems with ecological ones. It is important that the natural systems used for stormwater handling are not at risk of being damaged.

Since the 1970’s the leading term for alternative methods for stormwater handling has been “local stormwater treatment”. Together with the development of techniques and the exchange of ideas, a multitude of expressions have come to be used for description of similar phenomenons.

Here “ecological stormwater handling” is used as the main term since it is understandable and quite well established. Within this term “local stormwater treatment” has a more narrow definition.

The purpose of the proposal is to show an example of how the methods presented can be taken into practical use. Märsta is a small but expanding town in Sigtuna municipality just north of Stockholm. There are already a number of stormwater treatment facilities and the opportunities of craeating a coherent ecological stormwater system in the urban area. The new facility is to be situated in Steningedalen nature reserve, which streches from central Märsta toward lake Mälaren. The creek of Rosersbergsbäcken has its natural outflow into the stream of Märstaån, which runs through Steningedalen valley. But it is led into a culvert a little further upstream. The idea is to restore the creek and lead it through sedimentation ponds and to merge with Märstaån and at the same time improve the accessibility to the area for the inhabitants in Märsta. By linking toghether the new facility with existing ones, a long continuous green strip is created through Märsta and all the way down to lake Mälaren. It will also be a link in a blue-green park strip through Märsta.

Sammanfattning

Dagvatten i urbana miljöer har länge behandlats som ett problem. Den stora andelen hårdgjorda ytor gör att vattnet inte kan infiltrera i marken i den utsträckning som sker i naturen. Detta leder till kraftiga ytflöden vid regn, vilket i sin tur orsakar olägenheter som sämre framkomlighet, översvämningar och ökad smittrisk. Ledningssystem för avledning är den traditionella och oftast funktionella hanteringsmetoden. Så länge flödena inte blir alltför kraftiga. Men nederbörd varierar naturligt i mängd och intensitet och tillskott av hårdgjorda ytor gör att vissa leningar inte räcker till vid häftig eller långvarig nederbörd. Dålig infiltration ger på sikt obalans i grundvattennivåerna. Dessutom krävs alternativa metoder för att hantera föroreningarna, ett behov som har betonats alltmer de senaste decennierna.

I äldre ledningssystem förs dagvattnet tillsammans med avloppsvatten och till reningsverk. Det är ett sätt att bli av med föroreningarna men vid kraftiga flöden försämras reningseffekten och ledningarna kan svämma

över i låglänta områden. Från och med andra halvan av 1900-talet anläggs bara separata system där dagvattnet leds ut i naturen, vilket innebär en risk för enskilda arter och för ekosystemen.

Idag syns allt oftare dammar, våtmarker och genomsläppliga ytor i stadsmiljön. Dessa företeelser är exempel på ekologisk dagvattenhantering, ED, som fått stort genomslag i samband med strävan mot en hållbar samhällsutveckling. Idén med ED är att föra tillbaka vattnet till kretsloppet och låta det renas av naturliga processer. Att lyfta fram dagvattnet i utemiljön för även med sig andra fördelar. Ofta utformas denna typ av anläggning som vackra och trivsamma rekreationsmiljöer och samtidigt kan det synliga kretsloppet ha en pedagogisk funktion. I vissa fall är det direkt ekonomiskt fördelaktigt att ersätta de traditionella systemen med ekologiska. Viktigt är att de vattensystem som tar hand om dagvattnet inte riskerar att skadas.

Sedan 1970-talet har lokalt omhändertagande av dagvatten, LOD, varit det ledande begreppet när det gäller alternativa metoder för dagvattenhantering. I takt med utvecklingen av tekniker och utbyte av idéer har en uppsjö kommit att användas för att beskriva samma eller liknande företeelser. ED används här som huvudbegrepp eftersom det är tydligt och någorlunda väl etablerat. LOD är aktuellt som en del av ED.

Förslaget som presenteras syftar till att visa exempel på praktisk tillämpning av metoderna som studerats. Märsta är en liten men expanderande ort i Sigtuna kommun norr om Stockholm. Ett antal anläggningar för ekologisk dagvattenhantering finns redan samt goda möjligheter att skapa ett sammanhängande ekologiskt dagvattensystem i stadsmiljön. Anläggningen ska ligga i naturreservatet Steningedalen, som sträcker sig från centrala Märsta ner mot Mälaren. Rosersbergsbäcken har sin naturliga sträckning ut i Märstaån, som går genom dalen men är idag kulverterad en bit uppströms. Tanken är att restaurera bäcken och leda den genom sedimenteringsdammar ut i Märstaån och samtidigt förbättra områdets tillgänglighet för Märstaborna. Genom att länka samman den nya anläggningen med befintliga skapas ett långt sammanhängande grönstråk genom Märsta som sträcker sig ända ner till Mälaren.



Bara vanligt vatten

I Sverige, liksom i de flesta utvecklade länder, har man traditionellt sett lett bort dagvattnet från hårdgjorda ytor under jord. Tilltron till tekniken var mycket stark under större delen av 1900-talet, då städerna expanderade kraftigt. Dagvattenflödena och föroreningarna har ökat på grund av tillväxt av hårdgjorda ytor, intensivare markanvändning och ökad bilism. De gamla ledningssystemen är inte alltid tillräckliga för dagens vattenflöden och de hanterar inte föroreningarna på ett tillfredsställande sätt. Miljömålen och andra politiska styrdokument pekar mot hållbar utveckling men för att nå dit krävs även praktiska lösningar.

Som landskapsarkitekt har man övergripande kunskap inom samhällsplanering, formgivning och naturförhållanden. Denna kunskap är viktig för att omsätta visionerna om ett hållbart samhälle i praktik. Även ett land som Sverige, med goda tillgångar av mark och vatten och ett långt framskridet miljöarbete, har behov av strategisk planering. Det är ett ansvar och en utmaning att skapa goda förutsättningar för kommande generationer.

Ekologisk dagvattenhantering, ED, är ett nytt sätt att se på dagvatten. Genom att använda det som en resurs istället för att leda undan det skapas viktiga mervärden för samhället. Hållbar utveckling brukar betraktas utifrån socialt, ekonomiskt respektive ekologiskt perspektiv. Alla dessa kan ekologisk dagvattenhantering bidra till genom en rikare, mer varierad stadsmiljö, samordningsvinster och nya livsmiljöer för olika arter. Minskad belastning på recipienter gynnar även de naturliga ekosystemen.

I detta arbete sammanfattas den viktigaste kunskapen för den som ska planera eller utforma en dagvattenanläggning. Tanken är att både ge en bra kunskapsgrund i ämnet och samtidigt inspiration genom exempel.

Syfte

Arbetet syftar till att:

- Ta fram ett idéförslag för en anläggning för ekologisk dagvattenhantering, ED, i en stadsnära miljö
- Visa hur utformningen av anläggningen främjar vattenrening och rekreation samt ger ett estetisk mervärde i utemiljön
- Inhämta och sprida kunskap om dagvattenhanteringsens roll i samhällsplaneringen med hänsyn till hållbar utveckling

- Ge inspiration och kunskapsunderlag för planering och utformning av ekologiska system för dagvattenhantering genom exempel och idéförslag

Metod och genomförande

Arbetet är uppdelat i *förstudier* och *tillämpning*. *Förstudierna* innebär informationssökning och sammanställning av metoder för hantering av dagvatten samt studier av praktiska exempel. Detta görs genom litteraturstudier, studiebesök och intervjuer med sakkunniga.

Tillämpningen utgörs av ett idéförslag till en anläggning för dagvattenhantering i Märsta. Platsen för förslaget analyseras i fråga om naturförutsättningar, tillgänglighet, planeringssituation och behov. Förslaget redovisas i form av ett program och en planskiss, kompletterat med principskisser, snitt och inspirationsbilder.

Avgränsning

Arbetet avgränsas till ekologisk dagvattenhantering. Liknande anläggningar och metoder kan användas för spillvatten och dränvatten men det kräver kemiskt och biologiskt avancerade system. Eftersom dagvatten i de flesta fall är relativt rent kan dessa anläggningar utformas mer fritt. Det ger större möjligheter att kombinera rening och uppsamling av vatten med exempelvis rekreation samtidigt som belastningen minskar på ledningssystem, reningsverk och recipienter.

Arbetet är inriktat främst på svenska förhållanden, men har delvis också ett europeiskt perspektiv. De termer och metoder som beskrivs är vanliga i Sverige men förekommer även utomlands.

Målgrupp

Yrkespersoner med ansvar för eller inflytande över hantering av mark- och vattenresurser; samhällsplanerare, politiker, arkitekter och ingenjörer, i synnerhet de som jobbar specifikt med dagvattenfrågor.

Definitioner av centrala begrepp

Dagvattenhantering är ett stort ämnesområde med många, ibland mer eller mindre synonyma, begrepp. Det beror till viss del på att olika forskare

och forskningsdiscipliner inriktar sig på olika aspekter av ämnet, såsom hydraulik, biologi eller teknik. Här förklaras några relevanta termer som används av planerare och landskapsarkitekter inom detta fält.

Dagvatten är regn- och smältvatten som rinner av från hårdgjorda ytor såsom hustak, vägar och parkeringsplatser. *Spillvatten* är avloppsvatten från hushåll. *Recipient* är ett vattendrag eller en sjö som tar emot till exempel dagvatten.

Kombinerat ledningssystem innebär att dagvattnet leds tillsammans med spillvatten till reningsverk.

Separat ledningssystem kallas också duplikatsystem. Dagvattnet och spillvattnet leds i olika ledningar och dagvattnet går ut direkt till recipient.

Kulvert är ett rör under jorden för till exempel dagvattenavledning.

LOD står för lokalt omhändertagande av dagvatten, vilket betyder att det tas omhand nära källan genom exempelvis infiltration och växtupptag.

ED, ekologisk dagvattenhantering, betyder att dagvattnet leds genom naturliga eller anlagda naturlika system. Detta är ett ofta använt och omfattande begrepp. Olika benämningar, såsom LOD och ”öppna dagvattenlösningar”, används mer eller mindre synonymt med ED. I detta arbete förekommer ”öppen” som synonym för att beskriva ekologisk dagvattenhantering.

Infiltration är vattnets genomträngning i markytan.

Perkolation är vattnets väg genom marken.

Sedimentering sker när vattnets hastighet är låg. Partiklar urskiljs genom att de sjunker till botten. Ju långsammare vattnet strömmar desto finare partiklar sedimenterar.

Upplägg av arbetet

Arbetet är uppdelat i två delar, en praktisk tillämpning i form av ett förslag på en dagvattenanläggning och en teoretisk bakgrund med exempel. Tillämpningen är placerad först eftersom förslaget är den huvudsakliga produkten av arbetet. På så vis kan man som läsare snabbt sätta sig in i ämnet genom ett konkret exempel och sedan fördjupa sig i de delar man är intresserad av. Förslaget bygger till stor del på de rekommendationer som presenteras i den teoretiska delen. Denna del sätter också in anläggningen i ett sammanhang.

DEL 1:

Anläggning för dagvattenhantering i Steningedalen



Planeringssituation

Märsta ligger i Sigtuna kommun, ungefär mitt emellan Stockholm och Uppsala. Det är en liten men expanderande ort med bra förbindelser tillnärliggande städer och med stora naturområden. Närheten till Mälaren är också en tillgång för det rörliga friluftslivet. Området runt Märsta och Sigtuna är gammal kulturbygd som är rik på fornlämningar (Eriksson 2007). Sigtuna har varit en betydelsefull stad och lockar med sitt kulturarv medan Märsta snarare känns som en förort inplacerad mellan Stockholm, Uppsala, Sigtuna och Arlanda. Stadsidentiteten saknas men kulturhistoria finns det gott om, även om den inte framträder lika tydligt som i Sigtuna.

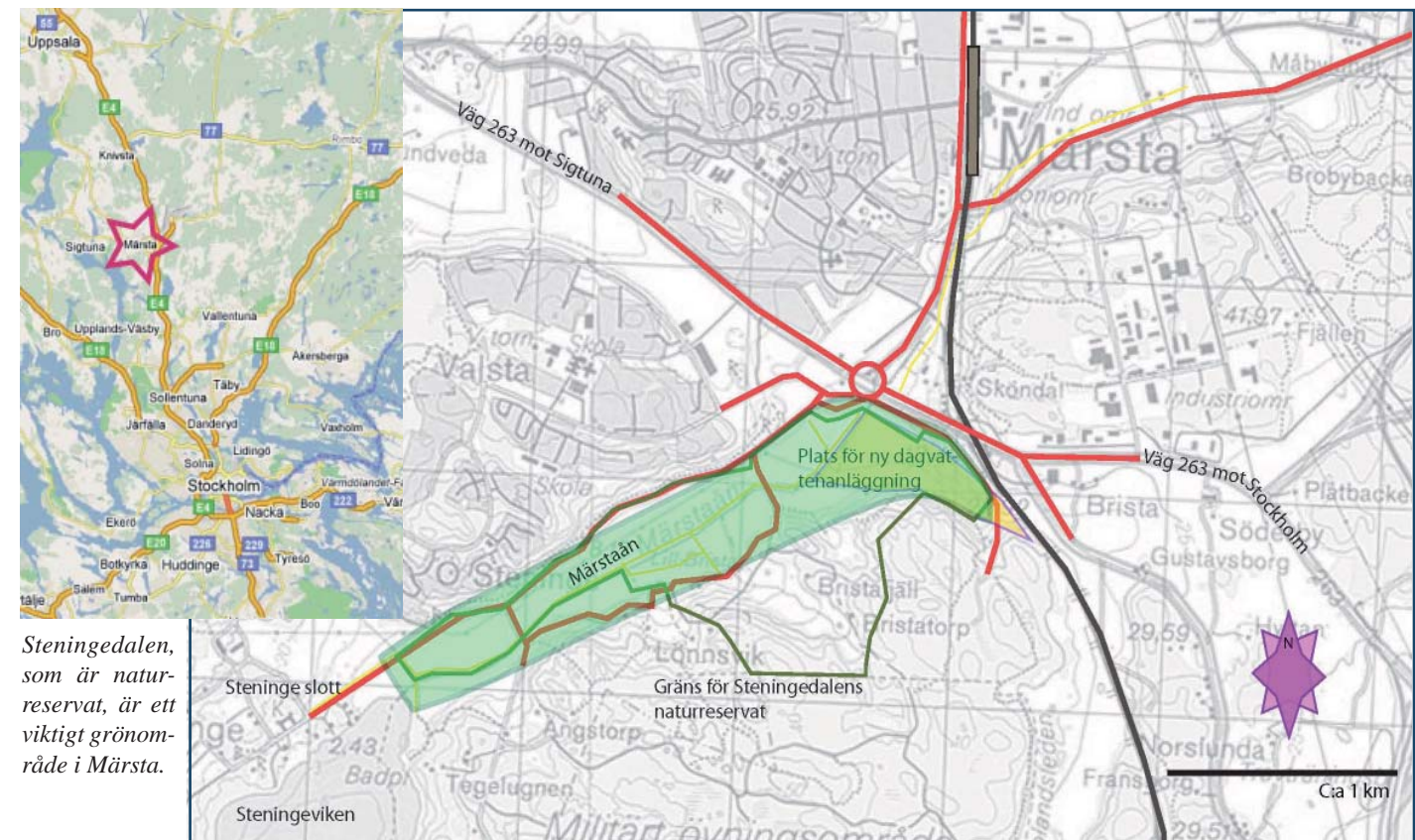
Framtidsutsikter för Märsta

I översiktsplanen för kommunen konstateras att Märstas goda tillväxt i befolkning och näringsliv ger stora möjligheter till nyexploatering. För närvarande pågår byggen bland annat i Märsta centrum och längs Steninge allé. Framöver ska Märsta byggas ut mot Sigtuna och Arlanda stad. Ny bebyggelse i Tingvalladalen planeras för att binda ihop Märsta där det idag delas itu av dalen och väg 263. Tillgången på naturområden är stor idag men trycket på dem kommer med säkerhet att öka när staden byggs ut. Visionen är att skapa helhet och stadskaraktär utan att förlora naturvärdena (Översiktsplan för Sigtuna kommun 2002).

De stora naturområdena och närheten till vattnet ger attraktiva lägen för exploatering. Ett välplanerat byggande kan ge märstaborna bättre tillgång till grönområden som idag är avskärmade från staden. Den tydligaste barriären är väg 263, som delar Märsta i två delar, mellan Valsta och centrala Märsta. Det finns få korsningar för gående och cyklister. Möjlighet till en ny planskild korsning tas upp i översiktsplanen. Märsta centrum ska få en tydligare stadskaraktär och utvecklas till en knutpunkt och mötesplats. Det affärscentrum som finns idag sluter sig mot omgivningen och hänger dåligt ihop med tåg- och busstationen. Grönstruktur och dagvatten kan hjälpa till att skapa en sammanhållen och trivsam stad. Det hårda och det mjuka, det byggda och det växande, kontrasterar mot varandra och förstärker varandras värden. Märsta har många fina delar men med svagt inbördes sammanhang. Parkmiljöer kan fungera som länkar i stadsbyggandet.

Föregående sida: närbild av Märstaån.

Nya plan- och bygglagen ställer högre krav på kommunernas översiktsplaner, bland annat med hänsyn till hållbar utveckling (Översiktsplan för Sigtuna kommun 2002). Dagvattenhanteringen har en betydande roll i det arbetet. Mälaren tar emot i stort sett allt dagvatten från kommunen och är samtidigt är stort värde som för friluftsområde och vattentäkt. Fler ekologiska dagvattenanläggningar längs Märstaån ska hjälpa till att minska föroreningarna och övergödningen i Mälaren. Dessa anläggningar kan även bli estetiska och rekreativa tillgångar för Märsta.



Vy mot Steningedalen vid infarten från Stockholm. När skogen tar slut öppnar sig fälten och erbjuder långa utblickar.



Korasen highland cattle håller landskapet öppet i Steningedalen.

Dagvattenhantering i Sigtuna kommun

I januari 2003 antog kommunstyrelsen i Sigtuna kommun en dagvattenpolicy för kommunen. Den beskriver problemen med dagvatten i urbana miljöer och det rådande systemet med avledning direkt till recipient. I Sigtuna kommun är Mälaren den slutliga recipienten för så gott som allt dagvatten och den är kraftigt övergödd. Ekologisk dagvattenhantering skulle kunna förbättra situationen och samtidigt synliggöra vattnets kretslopp i Märsta och förbättra stadsmiljön.

Sigtunas riktlinjer för dagvatten är anpassade till de nationella och regionala miljömålen. Framförallt har man beaktat målen ”Levande sjöar och vattendrag” och ”Grundvatten av god kvalitet” eftersom de har en direkt koppling till dagvattenhanteringen (Dagvattenpolicy för Sigtuna kommun 2003). Målet är att dagvattnet minsta möjliga utsträckning ska avledas via traditionella rörsystem. Istället bör det användas som en tillgång i stadsmiljön och renas i öppna system. I dagsläget leds större delen av Märstas dagvatten i en bergtunnel, via Märstaån, ut i Mälaren. Kommunen har cirka tio stycken anläggningar för ekologisk dagvattenhantering, varav tre ligger i Märsta. Tanken är att utveckla ett blågrönt stråk genom staden, en parkmiljö med synlig dagvattenhantering.

Ett tydligt parkstråk, kallat Märsta åpark, går utmed järnvägen i anslutning till Märsta centrum. Vattnet leds i en anlagd bäck och genom en serie dammar ungefär där Märstaåns naturliga lopp en gång har gått. Vattnet pumpas upp från bergtunneln för att hålla dammarnas vattenyta konstant och leds ner mot Steningedalen och Mälaren (Sigtuna kommun 2007a). Denna dagvattenanläggning har framförallt estetiskt och pedagogiskt syfte. Den ligger centralt och väl synligt och genomkorsas av gångstråk. Pumpning från bergtunneln används även i Märsta vattenpark i Måby, strax nordost om centrum. Där går vattnet runt i en slinga genom dammar, över små fall och en översilningsyta av makadam. Området är inhägnat för bete men hagarna har grindar där man kan ta sig in och komma nära vattnet. Landskapet är öppet med enstaka dungar och stora öppna vattenytor.

Behov och förutsättningar varierar. Därför bör också dagvattnet hanteras på olika sätt. Rent vatten kan med fördel infiltreras lokalt. Genom att återföra det till kretsloppet direkt minskar vattenflödena till uppsamlingsanläggningar och grundvattnet på platsen fylls på. Också reningen av det smutsiga dagvattnet förenklas av mindre flöden. Med planerad utbyggnad av Sigtuna kommuns tätorter och av Arlanda flygplats

blir omhändertagande av dagvatten ännu viktigare då både vattenmängden och föroreningarna kommer att öka. Risken för olyckor med läckage av farliga ämnen blir också större. Förebyggande åtgärder måste göras för att undvika spridning i dagvattensystemet.

I kommunens dagvattenpolicy ingår också råd till privatpersoner om hur de kan påverka dagvattenkvaliteten i sin omgivning. Bland annat uppmanas bilägare att tvätta bilen på en tvättanläggning istället för hemma på gatan. Detta för att undvika att oljerester, tvättmedel, rost och andra föroreningar i smutsvattnet sköljs ner i dagvattenbrunnar som leder det orenat ut i naturen.



Märstaån söder om väg 263. Vy mot handelsplatsen i norr.

Planer för Steningedalen

Steningedalen är ett värdefullt rekreationsområde för Märsta. Sedan år 2006 är den även klassad som kommunalt naturreservat och hävdas av betande kor (Sigtuna kommun 2007b). Rekreativsmöjligheterna i dalen ska förbättras och fler dagvattenanläggningar ska tillkomma längs Märstaån. Idag finns fördröjningsdammar för dagvattnet från bergtunneln som ger en viss rening av vattnet innan det rinner ut i ån och hamnar i Mälaren.

Tillgängligheten till Steningedalen från centrala Märsta är dålig för gående och cyklister. Det finns en gångtunnel under väg 263 i anslutning till Märsta centrum men för att komma till dalen måste man även korsa Valstavägen, som inte har någon anvisad övergång i närheten. Steningedalen erbjuder naturupplevelser nära bebyggelsen och är därför en stor tillgång för Märsta. En ny planskild korsning för gående och cyklister från centrala Märsta samt bättre parkvägar från Valsta skulle avsevärt förbättra tillgängligheten till området (Översiktsplan för Sigtuna kommun 2002).



Märsta åpark med vattenspeglar och små broar är ett långsträckt och öppet parkstråk i centrala Märsta. Vy mot söder.

PLATSEN

Platsbeskrivning och analys

Steningedalen sträcker sig från Märsta centrum ner till Mälaren och erbjuder strövstigar, vattenkontakt, vackert kulturlandskap och förbindelse med omkringliggande skogsområden. Steningedalen samt en del av skogen söder om dalen är avsatt som naturreservat. Märstaån löper som ett blått band genom dalen och mynnar i Mälaren. Även om den delvis bara är ett djupt rakt dike utgör den ett viktigt element i dalen. I anslutning till Steninge allé ligger ett koloniområde som ger karaktär åt omgivningen och möjlighet till aktivitet. Annars är stora delar av dalen inhägnad för bete. Kor av den långhåriga och vädertåliga rasen highland cattle hävdar det öppna kulturlandskapet.

Norra delen av Steningedalen, öster om Märstaån, har tidigare brukats och ligger nu öppen och obetad. Rosersbergsbäcken har sin naturliga sträckning över detta fält och sitt utlopp i Märstaån men går en bit uppströms ner i den bergtunnel som avleder det mesta av Märstas dagvatten. Ett öppet åkerdike visar ungefär hur vattendragen har hängt ihop. Den sista biten av Rosersbergsbäcken, innan den leds ner i kulverten, går genom en trång dalgång som tyvärr är kapad av en vägbank nedanför Bristaverket. Trots avbrottet har bäcken där ett mer naturligt utseende och platsen lockar med avskildhet. Det är dock svårframkomligt på många ställen.

Val av plats

Valet av plats för dagvattenanläggningen grundar sig på kontakter med Sigtuna kommun. Där finns sedan tidigare idéer om en restaurering av Rosersbergsbäcken med en bäckfåra och en eller flera dammar. Dessa planer är ett led i dagvattenarbetet och förbättringen av vattenkvaliteten i Märstaån men syftar även till att gynna friluftslivet och stadsmiljön. Dagvattendammar längs Märstaån finns idag både längre ner i Steningedalen och intill Märsta centrum.

Området består av gammal åkermark och en smal dalgång mellan moränhöjder. Det ligger inklämt mellan vägar och industrimark och saknar nästan helt kontakt med resten av Märsta. Det är dåligt med stigar och trafikbullret stör naturupplevelsen. Närheten till stan är både en störning och samtidigt en tillgång för området ur rekreationssynpunkt. Rosersbergsbäcken går ner i kulvert i strax innan dalgången öppnar sig i det plana fältet. Om den slingrade sig genom kulturlandskapet och öppet mötte Märstaån skulle platsen få mer liv och säkert locka folk mer än



Till vänster gläntan i den mindre dalgången som mynnar ut i Steningedalen. Mellan träden syns Rosersbergsbäckens inlopp i bergtunneln. Till höger bäcken en bit uppströms

idag. Samtidigt skulle vattnet renas naturligt. På så sätt skulle vattnet också renas till stor del dagvattenhantering med viss rening och ett attraktivt rekreativt område skapas. En förutsättning är dock att tillgängligheten till Märstas övriga delar förbättras. Väg 263 skär i dagsläget av ån, som på ena sidan består av vackra dammar, i Märsta åpark, och på andra sidan fortsätter som ett rakt djupt dike. Vattenvägen framstår som underordnad bilvägen. Medveten utformning av Märstaån i Steningedalen, även om den fortfarande går i trummor under vägen, kan ge den en mer framträdande roll.

Närheten till väg 263 och järnvägen är både positiv och negativ. Planområdet är en entré till Märsta med fina utblickar för den som kommer åkande mot staden. Idag syns framförallt centrumbebyggelsen och Märsta åpark i norr. Steningedalen öppnar sig på andra sidan vägen utan något tydligt blickfång. Utsikten i sig är en värdefull kvalitet men skulle kunna förstärkas ytterligare med en dagvattenanläggning.

Intresset från kommunen för ED och för en anläggning i det aktuella området gör projektet extra intressant. Det ger tillgång till kunskap om området och situationen likväl som det sätter gränser för vad som är praktiskt genomförbart. Ramarna kan också inspirera till bättre lösningar. Det är en större utmaning.



Utsikt över dalen och centrum från åkerkanten i sydväst.

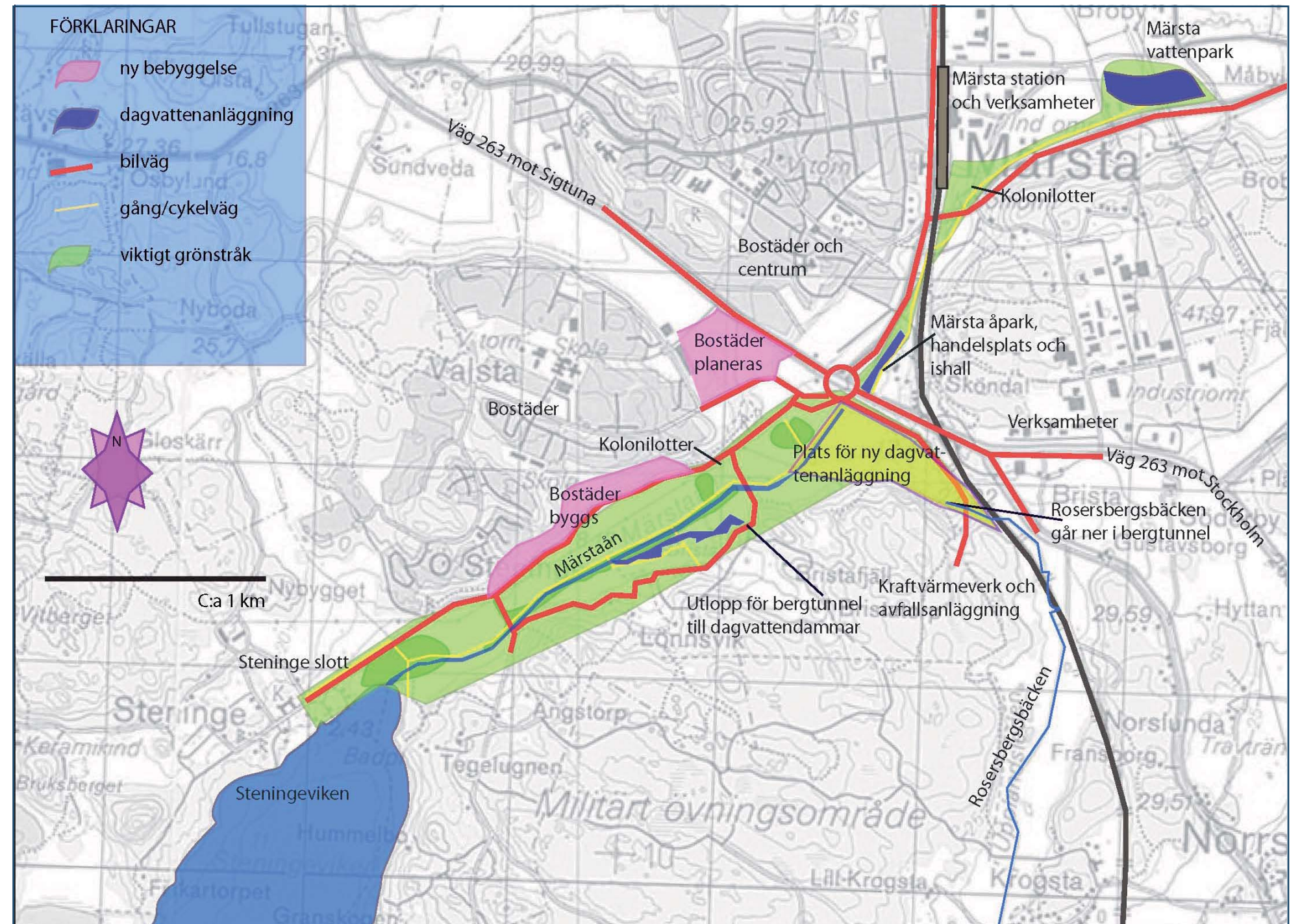
Inventering



Bristaverket framträder tydligare på vissa ställen.



Vy över planområdet mot öster strax söder om rondellen. I förgrunden syns diket där Märstaån rinner fram under vägen.



Grönytor och dagvatten i Märsta samt ny bebyggelse som kommer att påverka förutsättningarna för friluftslivet och dagvattenhanteringen.

PLATSEN

Landskapsanalys

Analysen är inspirerad av SWOT-metoden och Kevin Lynchs metod för rumsanalys (1960). I ett första steg har Steningedalen som helhet synats för att sätta planområdet i ett sammanhang. Därefter ges en djupare analys av planområdet.

Styrkor

- vackert kulturlandskap
- stort rekreationsområde nära staden
- Steninge allé som leder till Steninge slott
- fina kor håller landskapet öppet och gynnar biologisk mångfald
- kolonilotter ger liv och kulturkaraktär
- fina utblickar från staden

Svagheter

- buller från tåg, tung biltrafik och i viss mån flyg; varierande
- fysiska barriärer mot området i form av vägar och järnväg
- Märstaån utgör en barriär i dalen då endast få broar finns
- visuella barriärer skymmer viken och försvårar överblick över dalen
- ingen information om reservatet och betet



Koloniområdet som ligger intill beteshagarna bryter av mot de öppna fälten.



Vy från Steninge allé över beteshagen i norra delen av dalen. Bakom trädtopparna sticker Bristaverket upp.

Möjligheter

- bättre grönytetillgång med ökad tillgänglighet
- synligt kretslopp, information om platsen och dagvattenhanteringen
- ökad biologisk mångfald i vattenmiljöerna och grönområdet
- binda ihop Märsta och öka kontakten med Mälaren
- med ED förbättra kvaliteten på dagvattnet som rinner ut i Mälaren
- binda samman vattensystemen Märstaån, Rosersbergsbäcken samt befintliga dagvattenanläggningar till en helhet
- skapa en fin entré till Märsta med bättre utsikt över Steningedalen
- pulka-/skidbacke och skridskobana vintertid

Hot

- mer trafik i Steninge allé i och med nya bostäder
- risk för ökat slitage på grund av nya bostäder och fler användare.
- mer dagvatten från bostäder och verksamheter i Rosersberg och Märsta
- ökad föroreningsrisk på grund av nya industrier i Rosersberg samt utökning av Bristaverket med omlastning av flygbränsle



Från vägen får man utblickar ner mot Steningedalen. En dagvattenanläggning skulle ge ett blickfång där.



Märstaån leds under vägarna från Märsta åpark till Steningedalen, där den övergår i ett stort dike.

Rumsanalys

1 Steningeviken - rum som öppnar sig med utblick över Steningeviken.

2 Steninge allé - vägen mot Steninge slott utgör en tydlig gräns för dalgången mot höjden i norr. Vägen ligger högre i terrängen och skapar ett långsträckt rum.

3 Mellanrum - en öppen plats med odlad eller tidigare odlad mark mellan skogsklädda höjder, genomkorsad av en väg i ena riktningen och Märstaån i andra.

4 Betesmark - öppen mark som rumsligt begränsas av växtlighet längs ån och Steninge allé.

5 Årum - ett långsträckt rum som definieras av Märstaån och växtlighet längs stränderna. En promenadväg följer norra stranden och enstaka picknickbord finns. Ån breder ut sig som rummets huvudinslag.

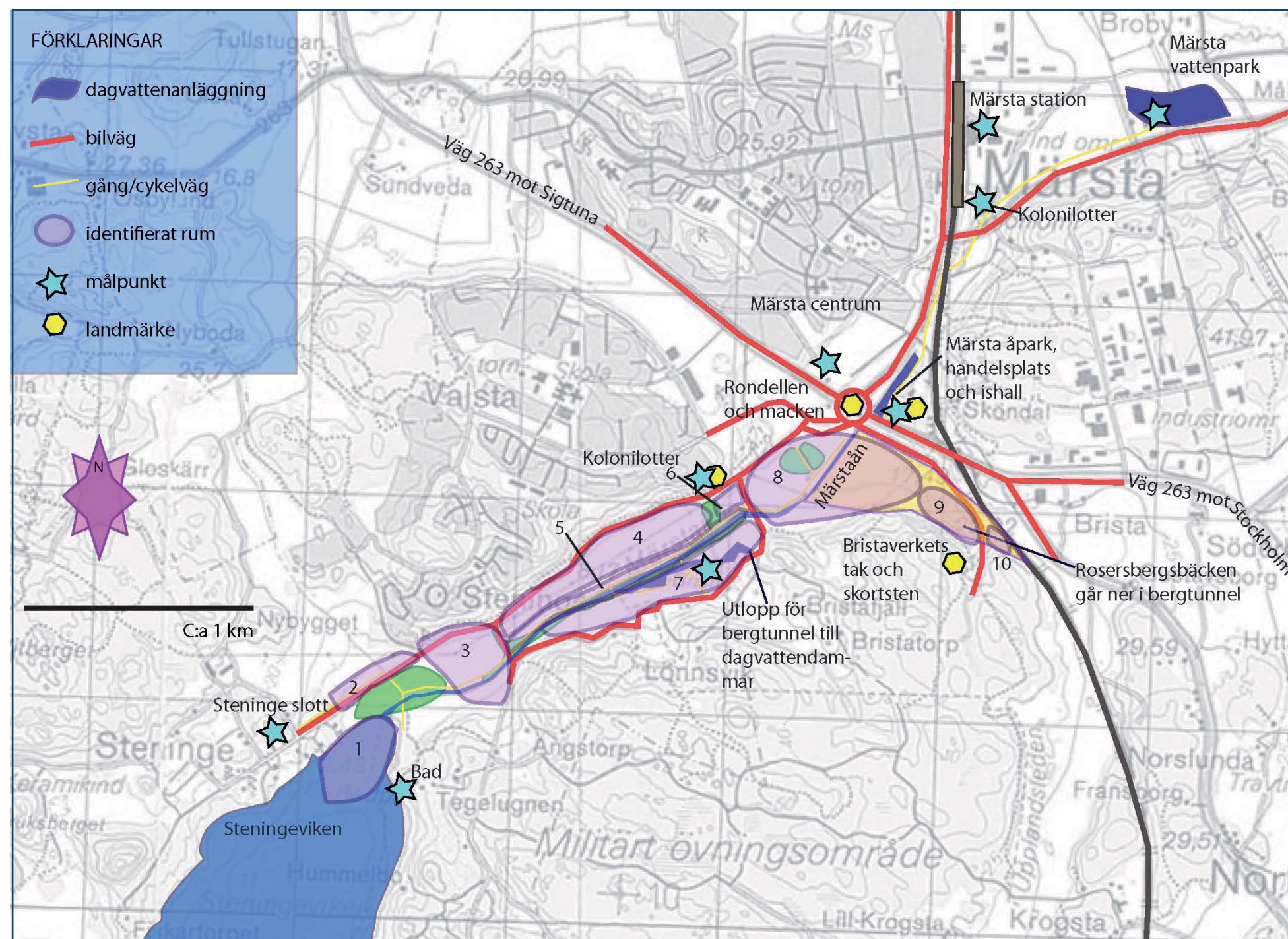
6 Koloniområde - kolonilotter mellan betesmarkerna skapar liv och kulturkaraktär. De är även en tydlig orienteringspunkt.

7 Vattenrum - hagmark och dagvattendammar skapar ett rum längs ån som skiljs från denna av en ridå av grönska. Gångstigar slingrar sig mellan hagarna och via en bro vid dammarnas utlopp i Märstaån nås årummet.

8 Fält - ett öppet område med god sikt mot centrum. Ytan väster om ån är hagmark och östra sidan ser ut att ha odlats tidigare. Ån består här av ett djupt dike. En stig utmed västra dikeskanten grenar av mot parkeringen vid Steninge allé. Den leder mellan två hagar genom trädgångar som skapar ett rum i rummet med sin egen karaktär.

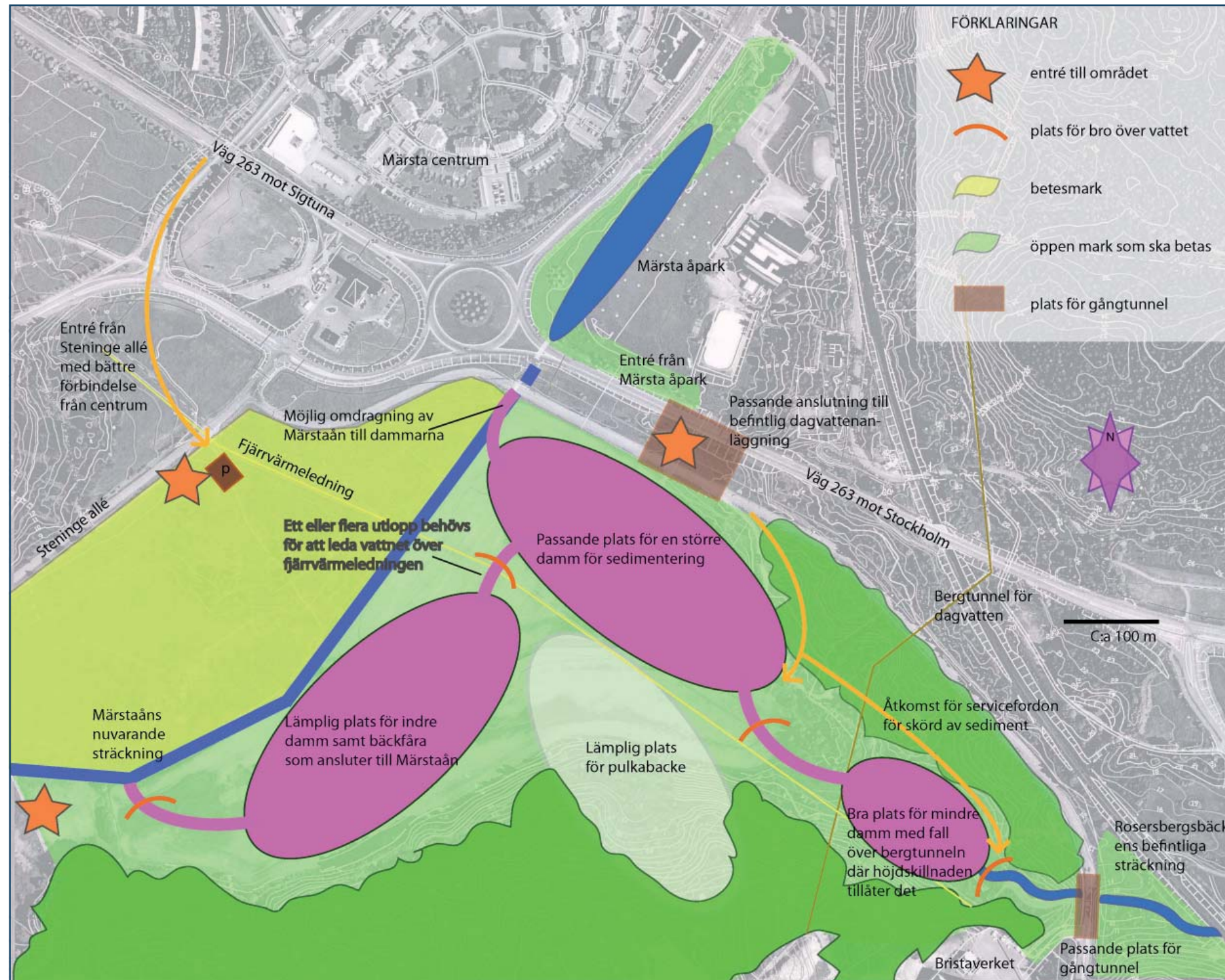
9 Glänta - där de skogsklädda höjderna möter slätten är öppenheten varierande. Även i ljudmiljön återfinns spännande skiftningar då trafikbullret på vissa håll nästan upphör. Bristaverket framträder bitvis.

10 Dalgång - Rosersbergsbäcken rinner fritt genom en trång dalgång drygt hundra meter mellan järnvägsbanken och vägen mot Bristaverket. Svårtillgängligt på grund av branta slänter och risig växtlighet. Oröjt men vackert och avskärmat från omgivningen med en viss trolldomskänsla.



PLATSEN

Djupanalys av planområdet



Planområdets förutsättningar

Den nya dagvattenanläggningen ska ligga i nordöstra delen av Steningedalens naturreservat. Rosersbergsbäcken rinner ut i dalen söderifrån genom mindre dalgång som tydligt avgränsas av höjderna vegetationen. Järnvägen och väg 263 passerar alldeles intill på ena sidan dalen och på den andra sticker Bristaverket upp bakom en trädridå.

Växtligheten består till större delen av blandskog och låg markvegetation. Av trädslagen märks björk, al, sälg, gran och tall. Den gamla åkermarken ligger fortfarande öppen med träd och sly längs kanterna. Höjderna är beväxna med blandskog som övergår i tallskog högre upp.

Den lilla dalgången mynnar ut i den vidare och öppnare Steningedalens. Landskapet är lågmålt storslaget och karaktäriseras av kontraster; höjd möter dal, stad möter natur och öppna fält bryts av med dungar och stråk av tät vegetation. Märstaån är framträdande, om än delvis som ett stort dike, längsmed Steningedalens.

Mark- och vattenförhållanden

Hydrologi, topografi och markegenskaper utgör viktiga förutsättningar för en ny dagvattenanläggning. Marken i området består till större delen av lera och har tidigare förmodligen brukats som åker. Undantaget är den mindre dalgången, som ligger högre i terrängen och i likhet med höjderna består av morän.

Geotekniska undersökningar i samband med anläggningen av Märsta åpark visar att tjocka och har dålig hållfasthet, vilket gör marken opassande för bebyggelse. Anläggning av dammar är inget problem så länge terrängen förblir relativt plan (Krusemo 2007). Höjderna, som är av morän, är stabilare än leran och mer genomsläpplig.

Grundvattnet ligger nära markytan i hela området men i och med kulverten är nivån reglerad (Krusemo 2007).

Dimensionering

Kunskap om avrinningsområdet och vattenflödet är nödvändigt för att rätt kunna dimensionera dagvattendammar. I detta fall består vattnet av Rosersbergsbäcken, som rinner norrut från Rosersberg genom ett avrinningsområde som är 971 hektar stort (markerat i lila på kartan). Det består mestadels av skogs-, ängs- och åkermark men även av tätort och industriområden. Fördelningen mellan ”grön” och bebyggd yta är 840 respektive 131 hektar (Larm, Linder & Ekroth 2006), vilket håller nere flödena i bäcken då mycket vatten kan infiltra i marken. För att beräkna flödena får ytorna olika avrinningskoefficient efter genomsläpplighet. Hårdgjorda ytor får en hög koefficient och bidrar till kraftiga flöden. Eftersom nederbördsmängden följer cykliska variationer beräknas flödena på ett normalår, tvåårsregn, femårsregn och tioårsregn. Beroende på vilken reningseffekt som önskas och hur anläggningen utformas kan olika flöden styra dimensioneringen. Även variationer under året har betydelse om flödet är att dimensioneringen.

Rekommendationer för storlek och utformning av dammar skiljer sig mellan olika källor och påverkas av syftet med en anläggning. Många gånger är det den tillgängliga ytan som begränsar dammens area. En tumregel är att dammens yta ska utgöra 2,5 procent av avrinningsområdets totala hårdgjorda yta för att ge optimal reningseffekt (Pettersson 1999a). Det innebär i detta fall en dammare på 3,3 hektar eller 33 000 m², vilket motsvarar nästan fem normalstora fotbollsplaner.

Sedimentering är den viktigaste reningsprocessen i en damm och gynnas av att vattnet rör sig långsamt. Uppehållstiden, alltså hur länge vattnet stannar i dammen, är därför avgörande för reningseffekten. Vägverket (Rening av vägdagvatten 1998) anser att 12-24 timmar är ett bra riktvärde medan en annan källa menar att vattnet från ett regn bör kunna hållas i dammen till nästa regn (Pettersson 1999a).

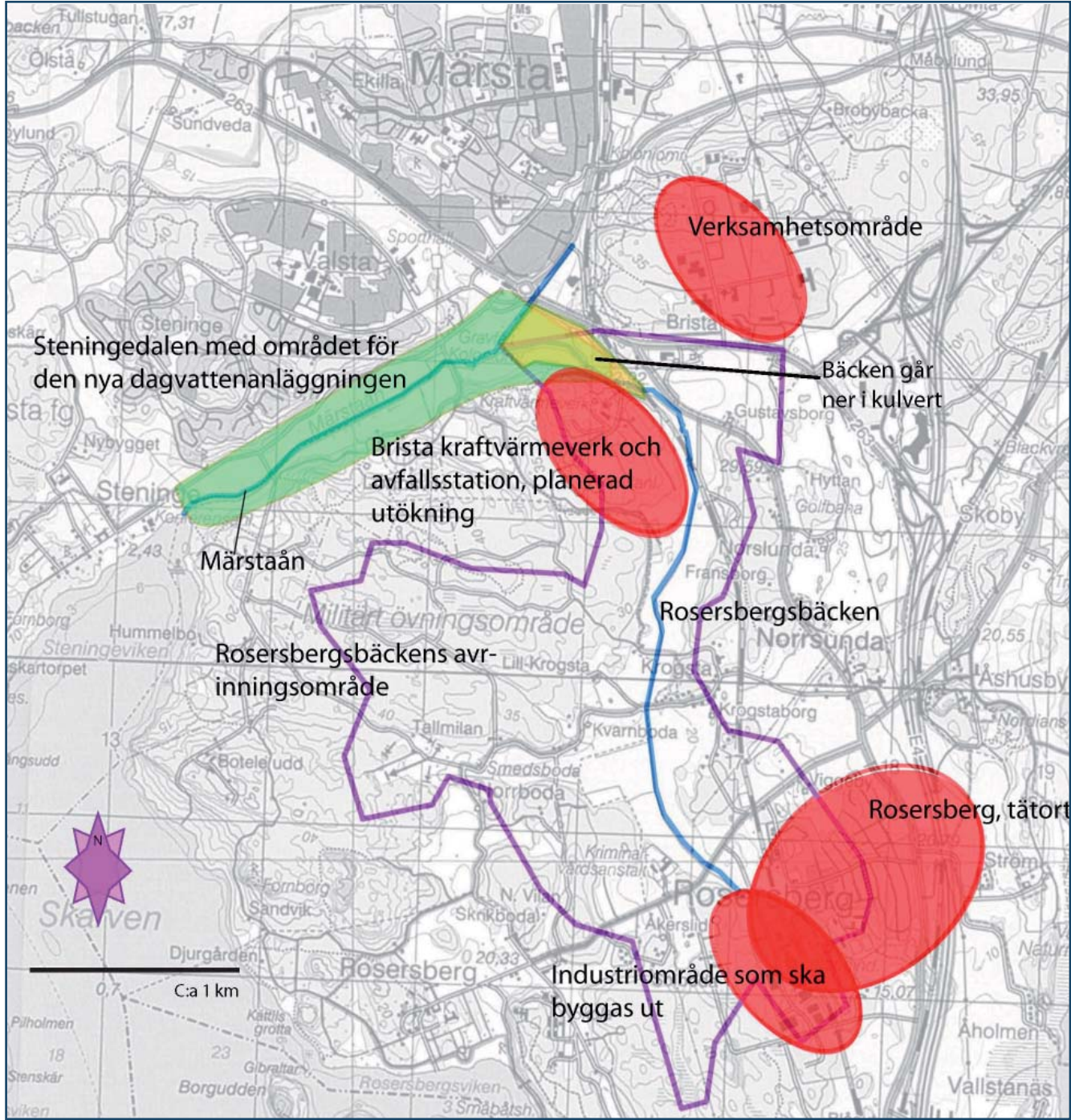
I planområdet går en fjärrvärmeledning som styr utformningen. Den ligger grunt och kan inte gå genom en damm. En damm med en yta som motsvarar 2,5 procent av avrinningsområdets hårdgjorda yta passar bra på fältet öster om ledningen. Därifrån kan vatten ledas över den i en grundare del. Givetvis är inte generella rekommendationer en garanti för goda resultat och både vattenkvaliteten och flödena i Rosersbergsbäcken behöver undersökas mer för optimal dimensionering.

Dimensioneringsmetod

Hårdgjord yta i avrinningsområdet: 131 hektar

Rekommenderad dammare i relation till hårdgjord yta: 2,5 procent

Faktisk dammare i relation till hårdgjord yta: 3,3 hektar



Uppskattning av Rosersbergsbäckens avrinningsområde med gränsen inritad i lila. Riskområden för föroreningar är markerade med rött och planområdet syns i gult i nordöstra änden av Steningedalen.

PROGRAMMET

Låt vattnet visa vägen

Viktiga element och karaktärer

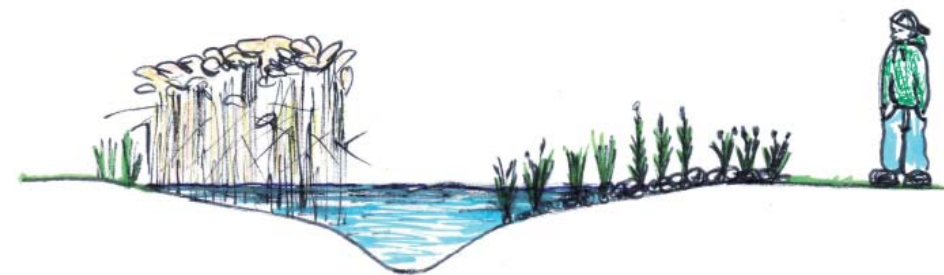
Anläggningen utformas för effektiv vattenrening och goda möjligheter till rekreation med hänsyn till områdets natur- och kulturvärden. Det blir också vacker en entré till Märsta. Utformningen är delvis naturlig och delvis striktare men har hela tiden omgivningen som utgångspunkt. Vattnet rör sig i organiskt formade bäckfåror och dammar medan terrasser mot höjden ger ett mer konstruerat intryck som kontrasterar och förstärker de mjuka formerna. Vegetationen håller sig framförallt till strandkanten och mot höjderna för att inte störa dalens öppna grundkaraktär

Rosersbergsbäcken trappar sig ner i Steningedalen från den övre dammen och slingrar sig vidare ut på slätten. Bitvis kantas stränderna av högre vegetation som vass och kaveldun eller grupper av lägre örter.

Märstaån leds in i den stora dammen från utloppen under vägen. Detta för att undvika dikets barriäreffekt, binda samman vattensystemen på ett fint sätt och ge bättre förutsättningar för rening. I den mån marken behöver avvattnas ombesörjs detta under mark.

Sten utgör markmaterial längs vissa stränder för att skapa kontrast till det blåa och gröna samt stabilisera kanterna. Naken sten varieras med inslag av örter.

Öppna vattenytor ger speglingar och fri sikt samt möjlighet till skridskoåkning på vintern. En längre stenstrand mot vägen med endast lägre växtlighet ger öppna vyer mot dalen.



Principsnitt av bäcken vid högvatten med vass respektive sten och låga örter längs stränderna. Det är lätt att ta sig ner till vattnet.

Flacka stränder med fast bottenmaterial minskar risken för olyckor och stabiliserar slänterna. Det ger också bättre förutsättningar för växtetablering och möjlighet till bete ända ner till vattnet. Vattenståndet och dammarnas storlek tillåts viss variation beroende på vattenflödena. Växtligheten och uttrycket ska dock inte påverkas negativt.

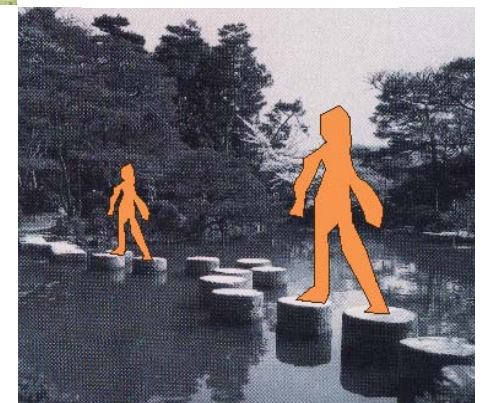
Varierande grad av träd och buskvegetation ger vindskydd och rumsbildningar. Dalens öppenhet är en grundläggande egenskap som förstärks av de be vuxna höjderna. Högre vegetation samlas mot höjderna och i dungar på fältet. Från den mer tätbevuxna mindre dalgången avtar växtligheten successivt mot Steningedalens mitt.

Tillgänglighet är en av huvudfunktionerna i området. En ny tunnel under väg 263 i anslutning till Märsta åpark gör det enkelt för cyklister och gående att ta sig dit från centrala Märsta. Även från Valsta förbättras tillgängligheten med övergångsställen och gång- och cykelvägar. Grusvägar leder längs stränderna och via broar kommer man över vattendraget på flera ställen för att underlätta rörligheten. De viktigaste vägarna ska vara framkomliga även för den som har barnvagn, rullator eller rullstol. Några rastplatser och sittplatser ger rum för pauser.

Informationsskyltar upplyser om anläggningen och Steningedalen. Till exempel kan det finnas en skylt som om ekologisk dagvattenhantering och vattnets kretslopp, en om det biologiska livet och betet, en om kulturhistorien i Steningedalen, samt mer allmänna skyltar vid entréerna



Sittplatser för vila och eftertanke längs vägen.



Djurliv är välkommet i och kring dammarna. Förhoppningen är att de nya vattenområdena ska locka till sig arter som finns i omgivningen och erbjuda goda livsmiljöer. Därmed gynnas biologisk mångfald i dalen. Möjligen görs åtgärder för att gynna vissa speciella arter om det kan göras utan att offra andra värden i anläggningen.

Belysning i form av stolparmatur längs gångvägarna gör det lättare och trevligare att röra sig i området kvällstid. Ljuset riktat så att det lyser upp vägen och omgivningen utan att blända. Effektbelysning på bland annat vattenfallen samt strålkastare vid skidbacken och skridskobanan ger annorlunda upplevelser vintertid och förstärker intrycket av platsen.

Aktiviteter som guidade vandringar, naturstudier, promenader, skridskoåkning på dammarna samt skid- och pulkaåkning i backen, utomhusteater, tipspromenader med mera passar bra och hotar inte dalens naturvärden. Belysta stigar med hinderstationer skulle kunna erbjudas för motionärer. Guidade vandringar och informationsskyltar kan hjälpa till att öka förståelsen och för dagvattenarbetet och för naturområdets värden.



En upplyst skridskobana på vintern, öppet vatten på sommaren. Båda blickfång och omtyckta utflyktsmål.

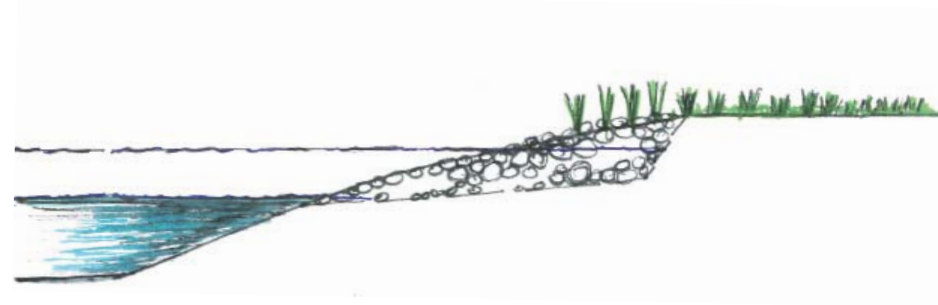
Motstående sida överst från vänster: Informationsskylt (Framtidsdalen, Borlänge), kavledun, vattendjur (Sveriges natur 4/2007), träspång genom sumpskog, stig genom dunge (Steningedalen), strandveronika, kaukasisk förgetmigej samt trampstenar över damm (fotomontage), .

Växtval

Befintlig vegetation av träd och buskar sparas till större delen och kompletteras på vissa ställen för att skapa mindre rum i den öppna dalgången. Den planterade vegetationen ska naturligt övergå i den befintliga i fråga om arter och placering samt anpassas till biotopen. Nära vattnet trivs exempelvis al, vide, pil och björk. Högre upp i terrängen kommer ek, rönn, lönn, hassel och inslag av barrträd. De befintliga höjderna består av morän med talldominerad skog. Delar av stränderna planteras med vass, kaveldun, svärdsilja, strandiris samt lägre arter som gökblomster, förgätmigej, starrarter och tåg i den våtare delen. I den torrare zonen passar lägre örter som fackelblomster, praktlysing och strandveronika. Plantering sker övervägande med befintliga arter med tillskott av nya arter som passar in i karaktären. Bete kommer förhoppningsvis att få arter att sprida sig till området så att låga örter blir dominerande i markfloran. Eventuellt behövs till en början åtgärder för att främja mindre konkurrenskraftiga arter.

Tekniska lösningar

Vattenflödena varierar över året. Vid mycket höga flöden kan vatten ledas ner i bergtunneln för att motverka översvämning och urspolning av sediment. Bäckfåran utformas så att det finns utrymme för bäcken att svälla under vissa tider och stenstränder längs dammarna får samma funktion.



En stenstrand ger utrymme för bäcken att svälla vid höga vattenflöden utan att bäckfåran är så bred.

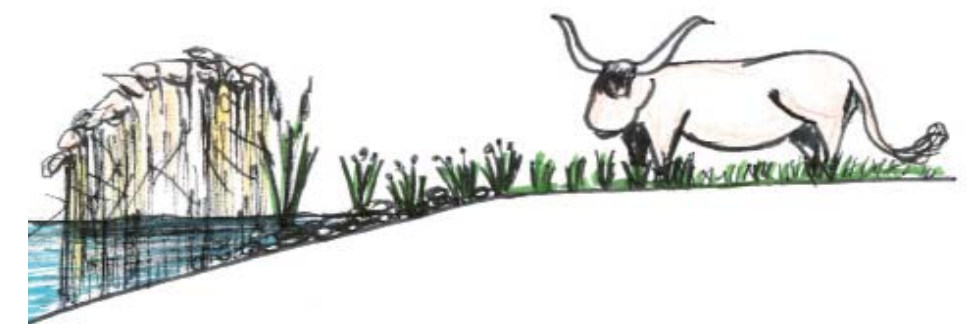
De massor som erhålls när dammar och bäckfåra grävs ut används till terrasser och skid- och pulkabacke. På grund av markens dåliga stabilitet bör slänterna hållas relativt flacka. Genom att använda massorna på plats undviks kostnader för bortförsel.

Vattennivån i Märstaån kan behöva regleras i och med att den leds till stora dammen. Den får dock inte höjas för mycket eftersom ån går in i trummor under vägarna.

Skötsel och underhåll

Den övre dammen är relativt liten, vilket kan försvåra sedimenteringen. Sedimenten bör därför skördas oftare där än i stora dammen så att de inte riskerar att sköljas ur vid kraftiga flöden. Dessa båda dammar ska ha körbar väg till inloppen för skörd av sediment. Detta ska ske omkring vart femte år eller eventuellt oftare (Vägverkets enhet för statlig väghållning 1998). Lilla dammen ligger nedströms och antas inte ta emot några större mängder sediment.

Växtligheten behöver hållas efter för att etableras väl och för att inte de starkare arterna ska ta över. Det gäller bland annat vass och kaveldun, som bör planteras i mindre omfattning och begränsas i utbredning genom skörd. I huvudsak ska betet hålla undan oönskad växtlighet.



En skötselarbetare i strandkanten. Genom bete kan växtligheten hållas låg så att svagare arter gynnas. Vattenvegetation som vass och kaveldun måste däremot skördas.

IDÉFÖRSLAGET

Låt vattnet visa vägen

Idéförslag

Förslaget grundar sig i kommunens planer på en dagvattenanläggning och restaurering av Rosersbergsbäcken på platsen. Vattnets väg utgår ifrån Rosersbergsbäckens naturliga sträckning ut i Steningedalen där den möter Märstaån. Utformningen i övrigt har inspirerats både av omgivningen och av andra naturliga och kulturpräglade områden. I samspel med dalens landskap ger anläggningen spännande vyer från vägen och upplevelser för besökarna.



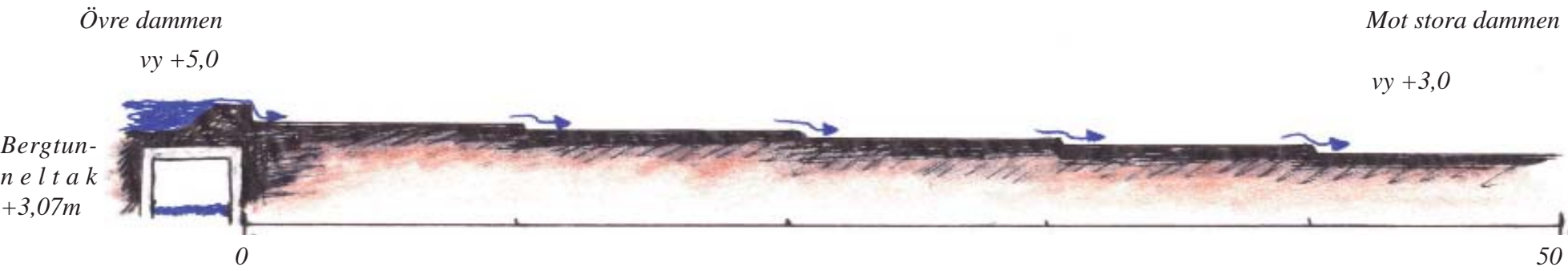
P1. Promenadväg mellan bäcken med en av kullarna som anlagts på fältet.



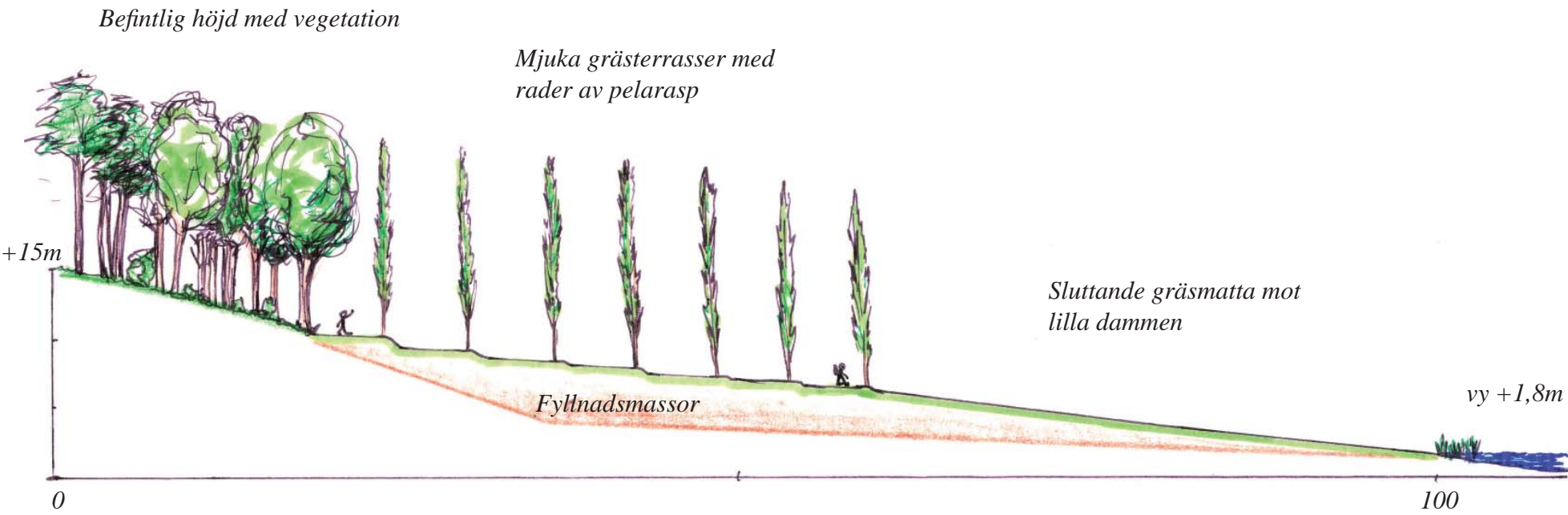
P2. Perspektiv från övre dammen ner mot stora dammen och Steningedalen.



IDÉFÖRSLAGET



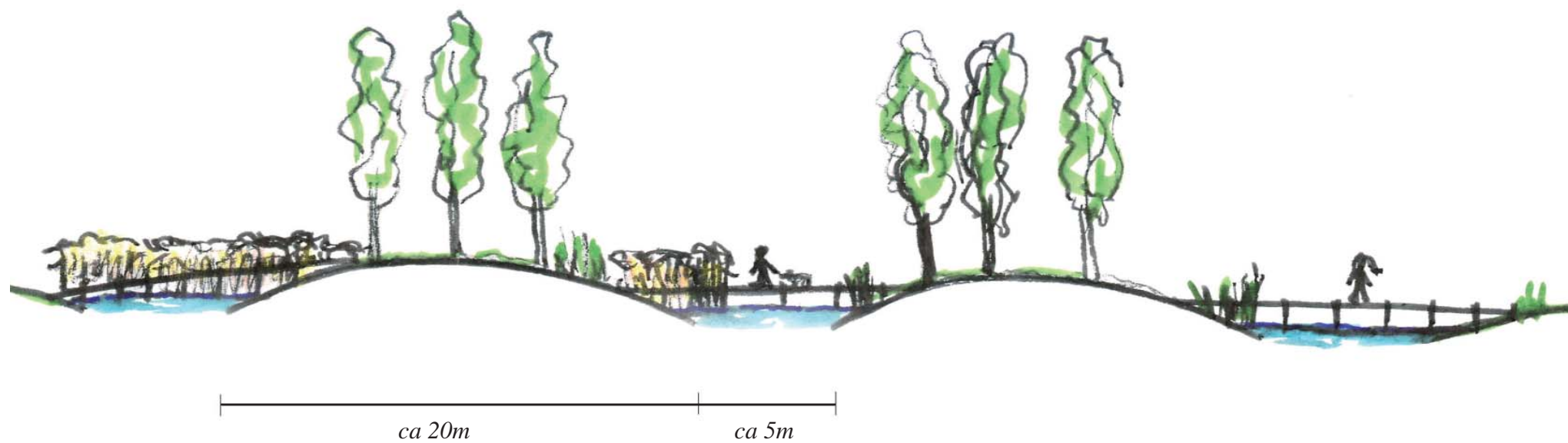
Snitt A-A1. Ett fall på 80 cm och fyra på 20 cm ger vattnet syre. De små höjdskillnaderna räcker för fallen , som skapar spännande rörelser och ljud.



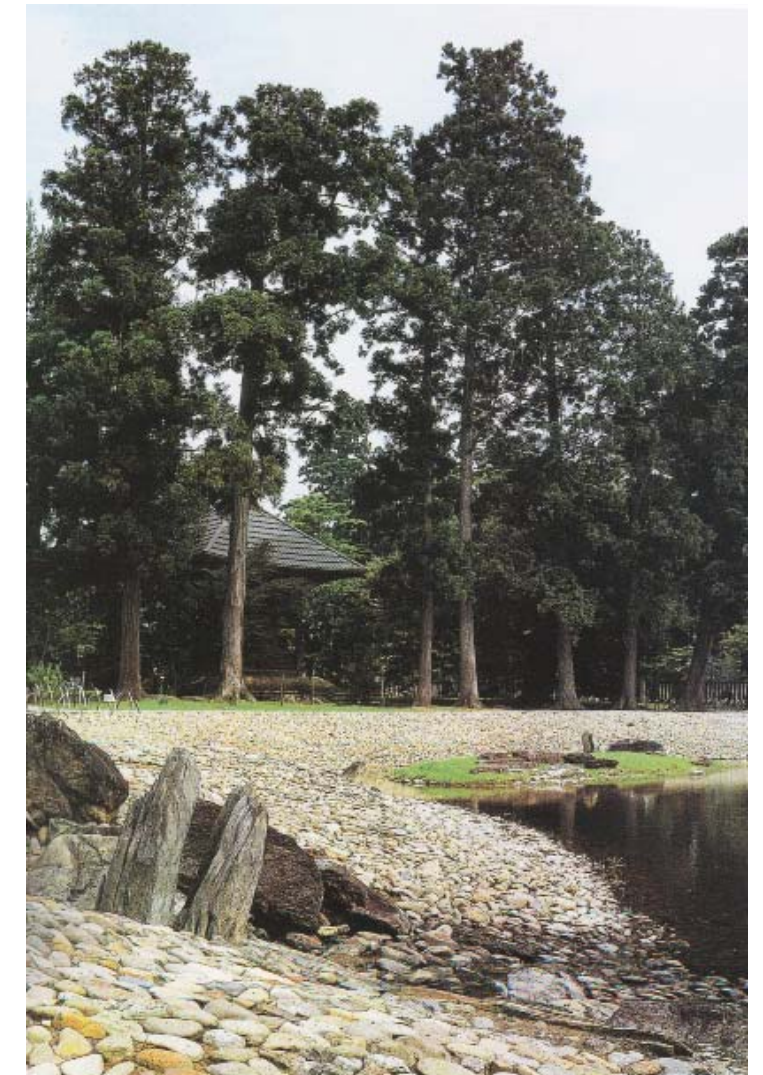
Snitt C-C1. Med massor från de utgrävda dammarna byggs terrasser som ansluter till den befintliga höjden. Pelaraspar längs kanterna på varje nivå förstärker linjerna genom sin smala raka form. Sluttningen ger en mjuk avsltning ner mot dammen.



Färd genom vassdjungeln.



Snitt B-B1. Öarna mellan stora och lilla dammen fördelar vattenflödet och går att ta sig till via broar.



En stenstrand behöver inte se kal och tom ut. Skiftningar i färg och struktur skapar variation ger en kontrast mot vattnet och grönskan. (Bildkälla: Nitschke 2003)

DEL 2:

**Dagvatten i ett större
perspektiv**



RESURSFÖRVALTNING

Resurser och ansvar

Förslaget presenteras i Del 1 som en länk i Märstas grön- och blåstruktur. Det ska också ses ur ett globalt resursperspektiv. Här redogörs i stora drag för hur vattentillgångarna förvaltas, med tonvikt på svenska förhållanden. Även om man inte i varje projekt studerar riktlinjer och lagar för dagvattenhanteringen påverkar de arbetet och är därför bra att känna till.

Vatten i världen

Vatten är en livsviktig och icke-förnyelsebar resurs som går runt i ett evigt kretslopp. Det finns i stora mängder på jorden men det mesta är salt och utgör världshav. Endast en mycket liten del är färskvatten och dess mängd, kvalitet och tillgänglighet varierar enormt mellan olika områden. Tillgången på färskvatten är en begränsande faktor för utvecklig. För vissa är det ett dagligt arbete bara att försöka få det att räcka till hushållsändamålen.

Förorenade vattenreserver kan bli förödande och i torra regioner är regnvattnet en viktig tillgång. Planering och hantering av vattenresurser är lika mycket en lokal som en global angelägenhet. De som har större resurser bör också ta större ansvar. FN och EU jobbar idag globalt för en hållbar samhällsutveckling. Uttrycket hållbar utveckling förknippas med Agenda 21, en strategi för miljöarbete som FN antog efter konferensen i Rio de Janeiro 1992 (Miljömålsrådet 2007).

EU:s ramdirektiv för vatten trädde i kraft i december 2000. Det är en omfattande samling riktlinjer för medlemmarna i syfte att säkra färskvattentillgången och kvaliteten på ytvattenförekomsterna inom unionen. Alla vattentillgångar ska ha god kemisk kvalitet, grundvattnet ska inte minska i mängd och ytvattenområdena ska ha god ekologisk status.

Sverige har gjort ett tillägg till miljöbalken, vattenförvaltningsförordningen, i syfte att genomföra direktivet (Lundstedt 2007). I direktivet specificeras målen bland annat genom riktvärden för acceptabla mängder olika förorenande ämnen. Politiker och samhällsplanerare har ett ansvar för att ta vara på de resurser de har att förfoga över och verka för en hållbar utveckling. Alla som har inflytande över vattenresurserna har

ansvar för hur de hanteras. Omhändertagande av dagvatten i Sverige är en del av samhällets vattenhantering, som också innefattar fungerande avloppssystem, dricksvattenförsörjning samt kvalitetssäkring av grundvatten och ytvatten. Samarbete mellan myndigheter och nationer är nödvändigt för en god vattenförvaltning och kan dessutom främja nytänkande.

Svensk vattenpolitik och lagar

Miljöbalken, som gäller från och med den 1 januari 1999, är den mest omfattande miljölagen. Den innefattar bestämmelser som tidigare fanns i flera olika lagar, bland annat naturresurslagen och vattenlagen. Miljöbalken syftar till att främja en hållbar samhällsutveckling, med hänsyn till människors hälsa, biologisk mångfald, värdefulla natur- och kulturmiljöer och resurshushållning. Lagens 11 kapitel styr vattenverksamhet, vilket bland annat innefattar anläggning av dammar (Strömberg 2000). De fall som kräver tillstånd avgörs av en miljödomstol. Fem miljödomstolar och en miljööverdomstol behandlar miljö- och vattenfrågor som styrs av miljöbalken (Miljödomstol 2007).

Planering och hantering av dagvatten är lokala angelägenheter, liksom övriga frågor om mark- och vattenanvändning. I stort sett är det upp till varje kommun att skapa förutsättningar för en god dagvattenhantering genom översiktsplaner och policydokument, föreskrifter i detaljplaner med mera. Enligt Niemczynowicz (1999), som har gjort en internationell jämförelse av dagvattenhantering, är dessa frågor betydligt hårdare statligt reglerade i flera andra europeiska länder. Så kan utvecklingen bli även i Sverige men än så länge råder kommunerna över planeringen innanför sina gränser, inom ramen av de nationella miljömålen, vattendirektivet samt de lagar som styr planering och miljö.

Hanteringen av vatten regleras i första hand av miljöbalken och vattenförvaltningsförordningen. Vattenlagen styr dagvattenhantering inom detaljplanerat område, där det är



De tre delområdena ekologisk, social respektive ekonomisk hållbarhet.

kommunen som har ansvaret. Plan- och bygglagen med kommunernas planmonopol sätter ramar och styrmöjligheter för dagvattenhantering. Utanför detaljplanerat område är det vägarna som bidrar mest med föroreningar och där ansvarar väghållaren, enligt miljöbalken, för omhändertagande av dagvattnet (Eriksson 2004).

Miljömålen

Riksdagen har antagit sexton miljömål som ska främja en hållbar samhällsutveckling i Sverige. Intentionen är att inom denna generation lösa de stora miljöproblemen genom att klara av de viktigaste insatserna till år 2020. Det kan dock dröja innan alla effekter av arbetet märks eftersom naturen tar tid för att återhämta sig. Målen ska uppfyllas med hänsyn till tre huvudfrågor:

- Hälsa
- Kulturmiljö
- Fysisk planering och hushållning med mark och vatten samt byggnader



Dessa tre huvudfrågor samt vart och ett av miljömålen har varsin ansvarig myndighet, för de flesta målen är det Naturvårdsverket. Varje kommun och länsstyrelse ska ta fram och arbeta för miljösmål som motsvarar de nationella. Miljömålen förverkligande kräver insatser på flera plan. Kommunerna har stora möjligheter att involvera invånare och lokala aktörer i sitt arbete (Naturvårdsverket 2006). Dagvattenhantering berörs särskilt av de mål som direkt behandlar vattenfrågor eller fysisk planering, såsom målen ”Levande sjöar och vattendrag”, ”Myllrande våtmarker” och ”God bebyggd miljö”. Naturliga och anlagda vattenmiljöer kan bidra till omhändertagande av dagvatten och samtidigt skapa bättre förutsättningar för biologisk mångfald, god vattenkvalitet och rekreation. Belastningen av föroreningar och flöden bör anpassas till recipientens känslighet för att undvika skador (Pettersson 1999b).

Bilden ovan: Logotypen för Sveriges miljömål. Källa: Miljömålsportalen.

Vattenförvaltning

För att bättre kunna ta vara på och kontrollera vattenmiljöer och vattenkvalitet i Sverige finns sedan 2004 fem vattendistrikt (Lundstedt 2007). De är en följd av EU:s ramdirektiv för vatten och följaktligen indelade så att inget avrinningsområde delas mellan flera distrikt. Vattnets rörelse styr med andra ord de administrativa gränserna och inte tvärtom. En länsstyrelse i varje distrikt är vattenmyndighet med en beslutsfattande vattendelegation som utses av regeringen. Genomförandet av vattendirektivet är en huvuduppgift för vattenmyndigheterna. Det innebär bland annat kartläggning och övervakning av landets alla vattenområden. Länsstyrelser och statliga myndigheter har en samordnande och informerande funktion när det gäller vattenfrågor. Naturvårdsverket och SGU, Sveriges geologiska undersökning, ska ge vägledning och föreskrifter för genomförande av vattendirektivet.

Kommunerna

I och med kommunernas ansvar för mark- och vattenförvaltning, fysisk planering samt dricksvattenförsörjning och avloppsrening har de en betydande roll i genomförandet av vattendirektivet och miljömålen. Vattenmyndigheterna ska besluta över resurserna i respektive distrikt. Samtidigt har kommunerna rätt att besluta över resurserna inom sina gränser. Det kan uppstå konflikter i hanteringen men eftersom huvudmålen är desamma blir det lättare att samarbeta. Kommunerna har många olika uppgifter och intressen att ta vara på. Därför är vattenmyndigheterna en tillgång med sin regionala överblick och inriktning på just vattenförvaltning.

Dagvattenplaneringen har skötts och sköts fortfarande i stor utsträckning av kommunens VA-förvaltning eller motsvarande. När det inte bara gäller att effektivt leda undan vattnet bör flera sektorer vara delaktiga. Det kräver nya arbetsformer och integrerad planering för att fungera väl. Översiktsplanen är kommunens grundläggande instrument för strategisk

långsiktig planering. De är viktiga för att avsätta utrymme för framtida dagvattenanläggningar. Detaljplaner preciserar bestämmelser inom ett visst område, med möjlighet att ställa krav på LOD. Medvetna, tydliga regler och samordnade insatser underlättar arbetet. Beroende på en kommuns storlek och struktur kan dagvattenfrågan skötas olika. Västerås stad har till exempel en särskild arbetsgrupp kallad HAD-gruppen, som står för Hantering av dagvatten, med representanter från berörda förvaltningar (Lönngen 2001). Malmö stads dagvattenplanering sköts genom samarbete mellan VA-verket och gatukontoret.

Öppna anläggningar för dagvattenhantering syns allt oftare i stadsmiljön. Intresset för och kunskapen om ED ökar i kommunerna och dessa anläggningar fungerar som ett komplement till de befintliga ledningssystemen. I vissa fall är syftet framförallt estetiskt och rekreativt, då är reningseffekten mindre viktig. Synliggörande av vattnets kretslopp har ändå en pedagogisk betydelse.

Vägverket

Vägverket ansvarar för väghållningen på merparten av de tyngst trafikerade vägarna i landet. Därför är verkets roll i dagvattenhanteringen betydelsefull i fråga om utveckling och användning av ekologiska metoder. Trafiken är en betydande källa till föroreningar av olika slag; avgaser, gummirester, metaller och olja är några av de ämnen som samlas på vägarna. Vägverket har länge jobbat med rening av vägdagvatten. Från början i helt tekniska reningsdammar i form av rektangulära bassänger men med tiden alltmer medvetet estetisk utformade (Krusemo 2007). De får inte bara renande egenskaper utan bidrar till en vackrare vägmiljö. Vägverket gör också undersökningar av reningseffekten i befintliga anläggningar och prövar ny teknik för att utveckla sina metoder. De diken som kantar de många svenska vägar är i allmänhet inte anlagda med tanke på dagvattenrening bidrar ändå (Lönngren 2001a).



RESURSFÖRVALTNING

Den biologiska situationen

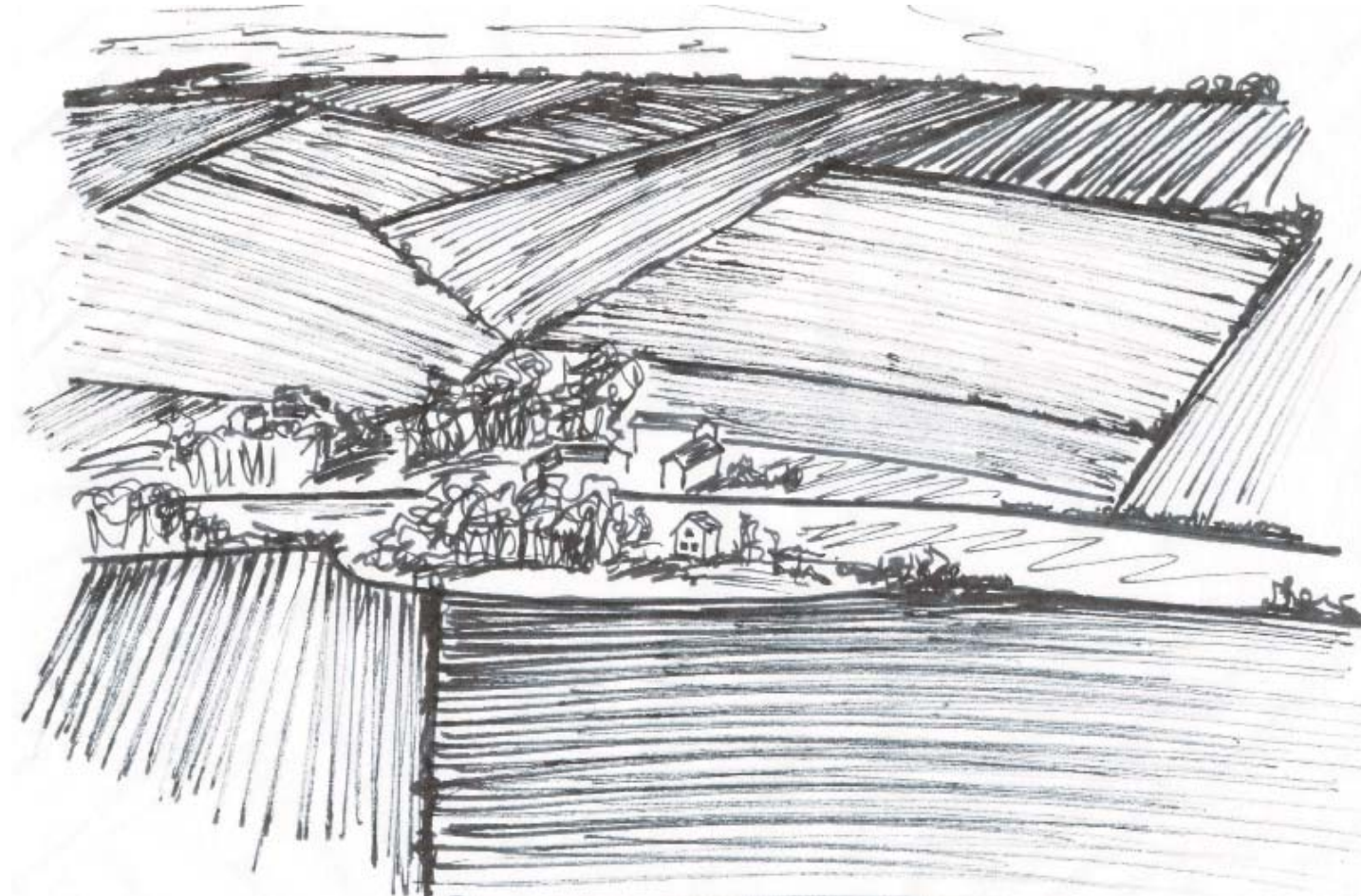
I stora delar av Europa råder brist på våtmarker. Dessa ekosystem erbjuder livsmiljöer för ett stort antal arter och är känsliga för förändringar. Den höga produktiviteten i våtmarkerna ger en naturlig igenväxning. Mänsklig aktivitet i form av utdikning för bebyggelse och odling, torvbrytning, vattenkraftsexploatering med mera utgör ett än större hot. Överutnyttjande av grundvatten hotar 50 procent av våtmarkerna i Europa (Europeiska kommissionen 2002).

Sverige har antagit Ramsarkonventionen, som kom till 1971 för att rädda fågellivet som ansågs hotat av våtmarkernas försvinnande (Larsson 2003). Därmed åtar man sig att bevara eller i vissa fall hållbart bruka sina våtmarker samt lista och uppmärksamma våtmarker som kan vara av internationellt intresse. Bevarande av det rika fågellivet var alltså den ursprungliga orsaken till konventionen. Men det är bara en av våtmarkernas viktiga funktioner som uppmärksammas. Med hjälp av internationellt samarbete ska särskilt betydelsefulla våtmarker bevaras och deras djur- och växtliv skyddas.

Rationaliserade landskap

Det moderna odlingslandskapet brukas på ett rationellt sätt i stora enheter med en och samma gröda. Den mosaik av naturtyper som fanns för hundra år sedan, då gårdarna var fler och mindre och odlingsmetoderna mer hantverksmässiga, har blivit mer sällsynt. Både i skogsbruket och i jordbruket används stora mängder kostgödsel. Bevarande och restaurering av våtmarker är ett sätt att motverka övergödning och översvämning. En viktig del i dagvattenarbetet innebär att förebygga förorening genom att minska föroreningskällorna, vilket i det här fallet innebär att se över bruksmetoder. Övergödning är ett problem i flera sjöar framförallt i södra delen av landet och i Östersjön.

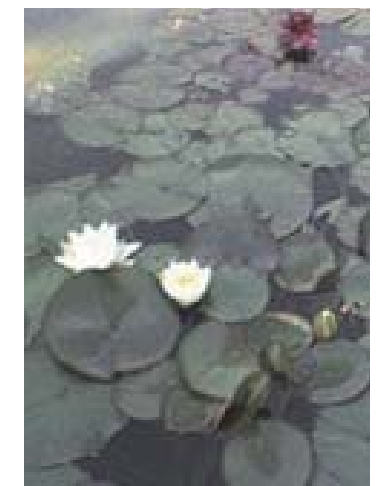
I Sverige, liksom i stora delar av Europa, har man tidigare dikat ur sank mark för att få större ytor att odla på. Numera minskar andelen odlad mark i landet och samtidigt märks effekterna av att våtmarker torrlagts. Restaurering av våtmarker och sjöar är ett sätt att ge naturen chansen att återuppta reningen av dagvatten. Detta har gjorts i bland annat Halmstad, där man har noterat en förbättring av vattenkvaliteten och återfått fisk där den hade försvunnit (Niemczynowicz 1999).



Förutom att de tar upp stora mängder näring och vatten finns där ofta en rik flora och fauna. Många arter trivs i våta miljöer eller är helt beroende av dem men deras krav på livsmiljö varierar också. En del arter behöver stora öppna vattenytor, andra bara små pölar eller ett nätverk av vattensamlingar att röra sig mellan. Därför behövs en variation av våtmarker och andra vattenområden. Det rika biologiska livet lockar också naturintresserade människor till dessa platser. Det är rimligt att anta att miljömålet ”Myllrande våtmarker” kan kombineras med ekologisk dagvattenhantering där våtmarken tål påfrestningen av vattenflöde och föroreningar.

Som landskapsarkitekt eller samhällsplanerare har man stort inflytande över hanteringen av naturresurser. Med kunskap om förutsättningarna och svårigheterna kan man lättare skapa goda hållbara miljöer.

Odlingslandskapen har förändrats mycket det senaste seklet. De stora enheterna och det intensiva brukandet har lett till övergödning och många våtmarkers försvinnande.



Från tekniskt problem till resurs i utemiljön

I städer finns generellt en stor andel hårdgjorda ytor, framförallt i centrala delar där byggnader, vägar och parkeringsytor är samlade inom en begränsad area. Där kan vattnet inte infiltrera som det skulle göra naturligt. Det rinner snabbt över ytorna och sköljer med sig smuts som finns på där. Om det inte ges möjlighet att rinna undan snabbt kan kraftiga regnväder och snösmältning orsaka översvämningar, vilket försämrar framkomligheten. Sänkningar av grundvattennivån, som uppkommer till följd av dålig infiltration, kan på sikt orsaka skador på byggnader, infrastruktur och växtlighet. Det har också inverkan på färskvattentillgången och akvatiska ekosystem (Ferguson 1998).

Antika och moderna städer

Avledning av vatten från gator och torg i städerna är ingen ny företeelse. Enligt Niemczynowicz (1999) fanns det redan för tusen år sedan dagvattensystem i flera kulturer. I romerska städer samlades regnvattnet upp för att tas tillvara. Överflödigt vatten leddes ner i marken för att återföras till grundvattnet utan risk för föroreningar. Dessa äldre kulturer hade en stor respekt för vattnet som bidrog till att det hölls rent. Det kunde till och med finnas en väktare som såg till att man inte smutsade ner. Numera innehåller dagvattnet i många fall föroreningar som behöver avskiljas innan det släpps ut i naturen.

I början av 1900-talet växte städerna kraftigt och de hårdgjorda ytorna bredde ut sig. Ferguson (1998) menar att just bilen är förklaringen till det ökade behovet av hårdgjorda ytor. Trånga smutsiga gator gjorde att sjukdomar lätt spreds. Dagvattnet innebar en sanitär och praktisk olägenhet som borde avlägsnas. Det skedde via underjordiska system. Ökat bilanvändande är ett skäl till att de impermeabla markbeläggningarna, i synnerhet asfalt, har brett ut sig. Nya fortsätter att anläggas medan gamla sällan tas bort. Asfalt är smidigt att anlägga och färdas på men dess täta yta det hindrar vattnet från att infiltrera i marken och återföras till kretsloppet.

Bilismen är en dominerande föroreningskälla i dagvatten, både direkt och indirekt. Metallrester, gummi, oljespill och andra ämnen samlas på vägbanan och förs med vattnet som rinner över den; avgaser stiger upp i skyn men regnet för med sig luftföroreningar tillbaka ner på marken. Dessutom gör de hårdgjorda ytorna att vattnets avrinning sker snabbare och kraftigare, vilket leder till bland annat erosion (Ferguson 1998).

Kombinerade och separata ledningar

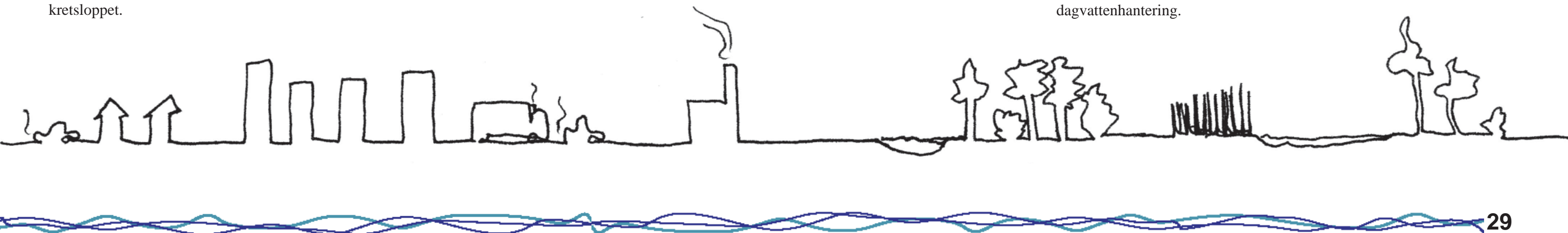
När man började leda bort dagvatten i ledningar var det en fråga om att göra sig kvitt stora vattenmängder. Det växte fram stora ledningsnät som snabbt och effektivt skulle ta bort vattnet från marken. Först byggdes kombinerade avlopps- och dagvattenledningar men på 1950-talet övergick man till separata system, där dagvattnet gick ut i naturen istället för att renas tillsammans med avloppsvattnet. Vitsen med separata system är, enligt Stahre (2004), att i avloppshantering slipper de ojämna flöden som dagvattnet ger upphov till. Höga flöden riskerar att överbelasta ledningarna, vilket försämrar reningseffekten i reningsverken. Översvämningar och avloppsvatten som trycks upp i källare eller läcker ut i naturen är andra problem som uppstår i en del områden med kombinerade ledningsnät. Detsamma förekommer i de separata dagvattenledningarna men det vattnet är oftast renare. Separata ledningssystem gör det lättare att kontrollera i alla fall avloppsvattnets flöde och rening.

Fastän det är snart femtio år sedan kombinerade ledningar slutade byggas finns sådana system fortfarande i bruk. Uppskattningsvis leds ungefär en fjärdedel av allt dagvatten i Sverige idag i kombinerat system (Lönngren 2001a). I flera svenska städer finns bägge systemen representerade. Stadskärnorna är äldst och har ofta kvar de gamla kombinerade ledningarna medan ytterområden har separata system. I nyare bebyggelse finns ibland också anläggningar för ekologisk dagvattenhantering (Mróz, red. 2003).

Nya idéer

Niemczynowicz (1999) beskriver framväxten av de moderna dagvattensystemen. Från 1800-talets slut, då städerna expanderade kraftigt, fram till senare hälften av 1900-talet fanns en stark tro på ingenjörskonsten i samhällsbyggandet. Det mesta ansågs kunna skötas med tekniska medel. Rationellt och bekvämt var framtidens melodi. Således konstruerades dagvattensystemen i samma anda. När synen på samhällsplanering började förändras växte nya idéer om dagvattenhantering fram samtidigt som miljötänkandet fick större utrymme. På 1970-talet kom begreppet LOD, som sammanfattar metoder för att infiltrera eller fördröja dagvattnet nära källan, till exempel inom en fastighet. Det är fortfarande ett aktuellt begrepp men nu finns även flera andra som beskriver alternativ hantering av dagvatten. Under 1980-talet koncentrerade man sig på sätt att ta hand om föroreningarna och samtidigt försöka skapa vackra miljöer. Sedan början av 1990-talet har ett hållbarhetstänkande vuxit fram i samhällsplaneringen och politiken. Därmed har dagvattehantering i naturliak system också blivit mer populärt. Utvecklingen av nya metoder och utbyte av erfarenheter har gett flera nya begrepp inom området. Här används ED som övergripande term för alla metoder där dagvattnet hanteras i enlighet med kretsloppet. Dagvattenhantering i öppna system och långsiktigt hållbar dagvattenhantering förekommer som mer eller mindre synonyma begrepp. Det senare lägger mer tonvikt på planeringen och innefattar även lösningar med traditionella system.

En kommun som vill inrikta sig på miljöanpassning och hållbara dagvatten-system bör styra exploatering och verksamheter till att själva i största möjliga mån ta hand om sitt dagvatten. Begränsning av föroreningskällor är också viktigt på sikt. I grunden för dagvattenhanteringen samt för varje enskilt projekt bör finnas tydliga riktlinjer och mål. Företag och enskilda kan erbjudas stöd för att satsa på LOD i sin närmiljö. Information och råd till allmänheten är en annan väg att skapa förutsättningar för en bättre dagvattenhantering.



DAGVATTENHANTERING

Ekologisk dagvattenhantering

En hållbar utveckling kräver att jordens vattenresurser används med förnuft. Intensivt nyttjande av mark och vatten i tätbebyggda områden ger upphov till kraftiga dagvattenflöden som ofta innehåller föroreningar. Med ED renas dagvattnet och tas samtidigt tillvara som en resurs i utemiljön.

Inom ekologi talar man ofta om ekosystemtjänster, naturliga förlopp som används för mänskliga behov. Dagvattenhantering i naturliga system är ett exempel på en ekosystemtjänst, en naturlig ersättning för reningsverk. I våtmarker, dammar och vattenvägar renas vattnet mekaniskt, kemiskt och biologiskt från skadliga ämnen och överskottsnäring. Det finns en rad olika reningsmetoder att använda sig inom vid ekologisk dagvattenhantering. Vilken som lämpar sig bäst i ett visst fall beror på platsens egenskaper och vattnets föroreningar. Till exempel bör dagvatten från större vägar eller parkeringsytor renas från olja i ett tidigt stadium för att hindra att den sprider sig i vattensystemet. Reningsbehovet ställer vissa krav på utformningen av en anläggning men hindrar inte att den görs vacker och tillgänglig för allmänheten.

Ekologiska dagvattenanläggningar, ibland kallade våtmarksparker eller vattenparker, har blivit allt vanligare i Sverige. De kan ha höga reningsambitioner, fungera som skyddszoner för känsliga vattenområden; de kan vara restaurerade våtmarker som ska främja fågelliv eller naturliga vattensystem som tar hand om dagvattnet. Beroende på förutsättningar och behov finns stort utrymme för att lokala lösningar.

Hållbar dagvattenhantering

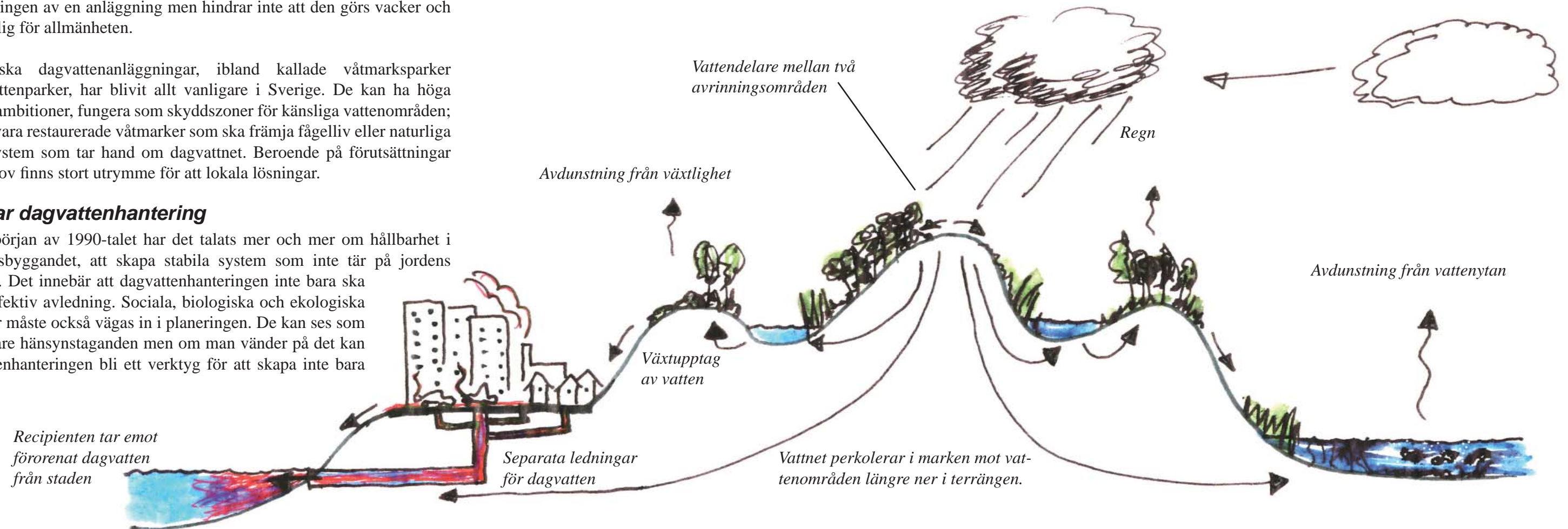
Sedan början av 1990-talet har det talats mer och mer om hållbarhet i samhällsbyggandet, att skapa stabila system som inte tär på jordens resurser. Det innebär att dagvattenhanteringen inte bara ska klara effektiv avledning. Sociala, biologiska och ekologiska aspekter måste också vägas in i planeringen. De kan ses som ytterligare hänsynstaganden men om man vänder på det kan dagvattenhanteringen bli ett verktyg för att skapa inte bara

bättre vattenkvalitet utan samtidigt tillgodose andra behov. Det kan till exempel vara större artrikedom, pedagogiska miljöer där man kan följa vattnets kretslopp och buffertzoner för översvämningar. Allt går inte att kombinera så för att undvika att stora värden går förlorade bör varje anläggning och vattensystem ha en målsättning. En del naturliga system är känsliga för yttre påverkan och belastning medan andra kan vara tillgångar i dagvattenhanteringen.

Ekologiska system är inte nödvändigtvis mer hållbara än ledningar, anser Stahre (2004) och påpekar att det inte finns någon anledning att göra sig av med fungerande system. Men i takt med att äldre ledningar behöver bytas ut kan nya ovanjordiska system anläggas. Det kan spara in arbetsinsatser och pengar. En kombination rör och ekologiska metoder är ibland det bästa alternativet. Ekonomi, skötsel, grönytetillgång och

befintligt system är faktorer som påverkar valet av metod. Jämfört med traditionell dagvattenhantering, som sköts av en teknisk förvaltning och begränsas till snabb avledning, kräver hållbarhetstänkande mer tid och helhetssyn i planeringen, åtminstone till en början. I gengäld skapas andra värden och samordningsvinster kan göras.

Det finns många skäl till att man alltmer går över till att hantera dagvattnet med ekologiska metoder. I södra Sverige har många sjöar och våtmarker dikats ut för att ge mer odlingsbar mark. Där är restaurering ett sätt att ta hand om dagvatten och ge vattenlevande arter nya livsmiljöer. För människor innebär det återskapande av landskapsbilden och ofta nya rekreationsområden. Förbättrad vattenkvalitet i recipienter för att säkra den ekologiska balansen och dricksvattenförsörjningen och långsiktigt stabila ekosystem är nog så viktigt.



Positiva effekter

Dagvattenanläggningar kan utformas fritt utefter behov, syfte och plats. I stadsmiljö finns sällan stora ytor att tillgå. Där är gröna tak, mindre planteringsytor och genomsläppliga markbeläggningar lämpliga åtgärder för att ta hand om en del av dagvattnet. Stadens utkanter erbjuder som regel bättre möjligheter för storskaliga dagvattenanläggningar. Vilka metoder som än används kan de tillföra positiva mervärden utöver sin förmåga till dagvattenhantering. Här presenteras några av de mervärden som är vanligast och oftast används som argument för ED.

Rekreation

Vattenmiljöer är omtyckta platser för bland annat promenader. Där finns utrymme för samvaro, naturupplevelser och avskildhet. I det stressiga vardagsliv som många har behövs tid för återhämtning. Både naturliga och anlagda grönområden kan hjälpa till att förebygga och motverka stress (Sonntag-Öström 2007). Vatten verkar ha en speciell dragningskraft. Kanske beroende på vårt biologiska arv, kanske på att det döljer en värld under ytan, det har en mystisk dimension. Det tillskrivs många egenskaper och har en stark symbolik. På kyrkogårdar används vatten för att beskriva livets gång och för att ge rum åt ro och meditation (Krusemo 2007).

Pedagogik

Särskilt i stadsmiljöer där naturliga vattendrag inte finns är dagvattenanläggningar viktiga för förståelsen av vattnets kretslopp. Vattenmiljöer väcker upptäckarlust – vem har inte letat grodyngel någon gång? Det finns mycket att undersöka och man kan i vattnets förändring följa årstidsvariationerna. Skolor med närliggande vattenområden har potentiella utomhusklassrum som visar barnen vad som sker i deras ”vardagsnatur”, hur vattnet tar sig fram i naturen och vilka arter som trivs i och runt vattnet. Även vuxna kan lära sig mycket genom att konfronteras med vattnets kretslopp i vardagen. Öppna system med god tillgänglighet, informationsskyltar, broschyrer och guidade vandringar kan förbättra kunskapen och förståelsen hos allmänheten.

Ekonomi

En stor del av ledningsnätet i landet är gammalt. Reparation eller ersättning av det innebär stora investeringar och arbetsinsatser. Genom en successiv övergång till öppna dagvattensystem i takt med att de befintliga ledningarna blir otjänliga blir det mer ekonomiskt lönsamt. Ledningsnätet

är ju utbyggt under en lång tidsperiod och är för stort för att bytas ut på en gång. De ledningar som fortfarande fyller sin funktion är värda att behålla. En stegvis omställning ökar också möjligheten att förändra attityder samt att utvärdera och förbättra metoderna. De ekologiska systemen kräver investeringar och skötsel likväl som de tekniska. Dagvattenhantering vid markytan är lättare att komma åt än underjordiska ledningar, vilket förenklar skötsel och underhåll. Naturområden kan delvis skötas av betande djur. Det är ändå viktigt att planera in förvaltningen redan från början eftersom den påverkar både karaktären och funktionen hos en anläggning.

Arbete med synlig dagvattenhantering, särskilt i kombination med rekreationsmöjligheter och estetisk utformning, kan ge positiv uppmärksamhet. Dagvattenanläggningar är idag ingenting ovanligt men en annorlunda utformning eller nya smarta metoder gör det extra intressant. Ett långsiktigt målinriktat dagvattenarbete visar också ett miljöengagemang både för kommuninvånarna och för personer utifrån.



Exempel på vinster med ED

Estetiska	Utformning som tilltalar
Hälsomässiga	Avstressande, förebyggande mot sjukdomar
Biologiska	Biologisk mångfald, vissa vattenlevande arter gynnas
Sociala	Mötesplatser
Pedagogiska	Lärorika miljöer, ”utomhus- klassrum”, visar förloppet
Ekonomiska	Samordning, inga åtgärder för översvämningar och skadad infrastruktur
Mediala och politiska	PR, uppmärksamhet och turism, gehör för dagvattenfrågor
Ekologiska	Bibehållen grundvattenbalans ger stabilare ekosystem, känsliga recipienter skyddas
Rekreativa	Det rörliga friluftslivet, närnatur med vattenupplevelser
Kulturella	Återskapande av kulturmiljöer
Tekniska	Inga reparationer under mark
Historiska	Återskapande av tidigare vattenmiljöer
Miljömässiga	Stadsmiljön förbättras, föroreningsr till recipienter minskar

Ekologiska dagvattensystem kan ge bland annat vackra boendemiljöer, rikt djurliv, lägre kostnader för dagvattenhantering och bättre vattenkvalitet. Alla delar av en hållbar samhällsutveckling. (Grodyngel: Sveriges natur 4/2007).

DAGVATTENHANTERING

Vad är det som hanteras?

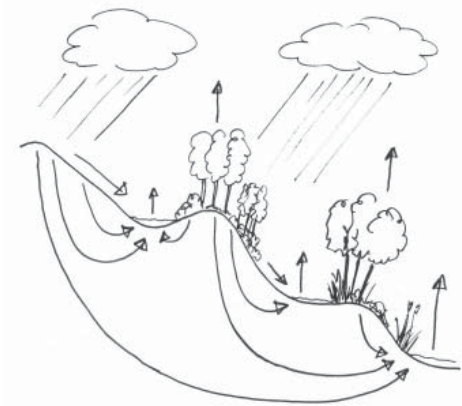
Volym - snabb avrinning från ytor, utjämning av flöden, minskad belastning på ledningar.

Föroreningar - avskiljning av farliga ämnen och överskottsnäring.

Grundvattennivåer - lokal infiltration för bibehållen grundvattenbalans.

Precis som det traditionella ledningsnätet måste ekologiska anläggningar kunna ta hand om stora mängder vatten. Men istället för att snabbt avledas direkt till recipient bromsas vattnet upp så att de naturliga reningsprocesserna hinner ske under vägen dit (Lönngren 2001a). Det kan ske med hjälp av naturliga eller anlagda system och flera metoder kan kombineras för att få en bra reningseffekt. Filter skiljer ut partiklar, dammar främjar sedimentering och tät växtlighet bidrar till reduktion av framförallt kväve i och med sitt näringsupptag.

Grundvattenbalansen i stadsmiljöer är ett viktigt skäl att återföra dagvattnet till det naturliga kretsloppet. Dålig infiltration och konsekvent avledning ger sänkt grundvattennivå lokalt samtidigt som grundvattnet vid utloppet höjs. I vissa jordarter påverkas stabiliteten lätt av förändringar i vattenhalten, vilket ökar risken för skred och erosion. Skador på byggnader och infrastruktur är ytterligare en möjlig följd av förändrade grundvattennivåer. I leriga jordar sker större sättningar när grundvattennivån sjunker och träpålar under byggnader



Dammar i stadsmiljö hjälper grundvattenbalansen

börjar ruttna till följd av kontakten med syre. Kraftiga förändringar i det hydrologiska kretsloppet skapar nya förhållanden för de arter och ekosystem som är beroende av det. Det är svårt att förutse de långsiktiga konsekvenserna eftersom systemet är trögt komplext (SGU & Naturvårdsverket 1999).

Dagvattenkvalitet

Dagvatten kan bestå av allt ifrån rent regnvatten till en blandning av regn och smält snö med vägsalt, gummirester, olja och tungmetaller (Falk 2004). Graden och typen av föroreningar beror helt på plats och tidpunkt. Kraftiga regn efter längre torka för med sig stora föroreningsmängder som har samlats sedan senaste regnet. Detsamma gäller vid snösmältningen. Dagvatten från småhusområden är i allmänhet rent medan vatten från starkt trafikerade vägar och från industriområden kan förväntas innehålla höga halter av föroreningar. För att få en bättre dagvattenkvalitet på sikt måste föroreningskällorna begränsas, till exempel genom att metaller målas, miljöfarliga byggnadsmaterial undviks och miljövänligare fordonsbränslen ersätter bensin och diesel. En minskning av arealen hårdgjorda ytor skulle förbättra dagvattensituationen genom ökad infiltration.

Snö som röjs från vägar är mer förorenat än dagvattnet under sommaren eftersom föroreningarna har ackumulerats i snön under längre tid och ofta innehåller vägsalt. Kan den inte lämnas vid vägkanten bör den deponeras någonstans där ingen känslig recipient hotas av förorening (Falk 2004).



Trafik bidrar med en rad olika föroreningar i dagvattnet.

Information om dagvattenhanteringen i kommunen och invånarnas påverkan ger dem en chans att bidra till en bättre situation. Det kan röra sig om enkla tips som att rengöra sin bil i en tvättanläggning istället för hemma på gatan för att tvättvattnet inte ska gå orenat ut i naturen. Information och service för hantering av avfall och miljöfarliga produkter kan bidra till att indirekt förbättra vattenkvaliteten. En mer konkret åtgärd är att erbjuda småhusägare stöd för att koppla bort sina stuprör från dagvattennätet och istället infiltrera vattnet. Det har gjorts i Malmö stad.

Dagvattnets föroreningar

Undersökningar som gjorts av dagvattnet i USA visar att erosion är den största föroreningskällan i stadsområden. Därefter kommer bilar, som också bidrar till erosionsproblem i och med att de kräver hårdgjorda ytor, vilket skapar kraftigare avrinning (Ferguson 1998). Sverige är generellt mindre bilberoende och jordarterna har inte nödvändigtvis samma egenskaper men förutsättningarna kan tänkas vara jämförbara. Sediment av eroderad jord är naturligt och i sig inte något problem. De förs med vattnet och bildar bankar på nya ställen som blir livsmiljöer för olika organismer. Men i stadsmiljöer kan sedimenten innehålla främmande ämnen såsom rester av byggnadsmaterial, glas och metaller, vilka direkt eller indirekt skadar naturen. Andra viktiga föroreningar är vägsalt (kloriden steriliserar jorden och hämmar biotisk tillväxt), metaller som urlakas från tak och anda konstruktioner, samt organiska material som olja, bekämpningsmedel och gödsel (Ferguson 1998).

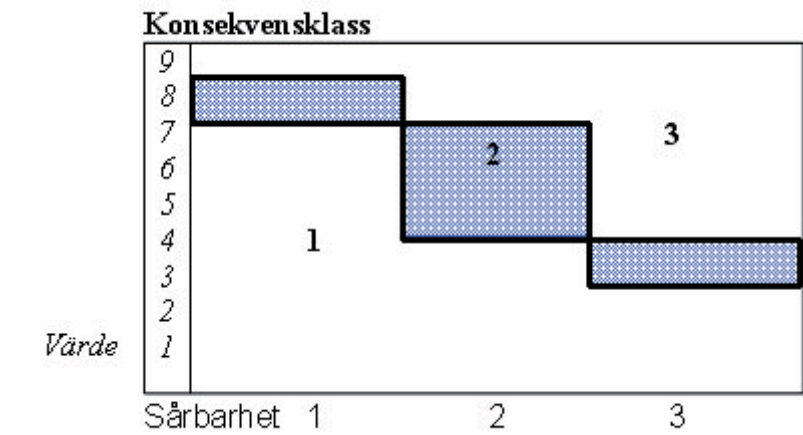
Klassificering av dagvatten och recipienter

För att ta reda på det bästa sättet att ta hand om dagvattnet i ett specifikt fall behövs information om vattnets kvalitet och recipientens egenskaper. Utifrån det görs en bedömning av lämpliga åtgärder. Är det möjligt att leda dagvattnet direkt till recipienten utan att denna påverkas negativt? Om inte, vilka reningsmetoder är lämpliga och möjliga? Stockholms stad och Stockholm Vatten har tillsammans utarbetat en skala i tre grader för klassificering av dagvattenkvalitet. Systemet grundar sig på Naturvårdsverkets bedömning av tillståndet i sjöar och vattendrag (Elert 2006). Tanken är att man enkelt ska kunna bedöma och jämföra dagvattnets status för att anpassa åtgärder. Den andra viktiga faktorn vid dagvattenhantering i ekologiska system är recipientens status. Vägverket har en modell för värdering som sammanfattar ekosystemets

känslighet med vattenområdets värde som exempelvis grundvattentäkt. Med hjälp av dessa båda modeller ges en grov men överskådlig bild av hur dagvattnet bör hanteras. Anlagda dammar kan fungera som skyddszon för känsliga vattenområden i anslutning till föroreningskällor. Svensson et al. (2006a) ger exempel på en lyckad skyddszon i Halmstad. Vid utbyggnad av industrier och flygplats i närheten av Knebildstorpsbäcken försvagades dess öringpopulation. Ett antal skyddsdammar anlades mellan föroreningskällorna och bäcken. Öringens återhämtning kan bara förklaras med förbättrad vattenkvalitet i bäcken som följd av de nya dammarna.

Recipientklass	Dagvattnets föroreningshalter		
	Låga	Måttliga	Höga
Mindre känslig	Ej rening	Ej rening	Hög rening
Känslig	Ej rening	Låg rening	Hög rening
Mycket känslig	Ej rening	Hög rening	Hög rening

Sammanställning av recipientklass och dagvattenkvalitet som visar ungefärligt reningsbehov (Lönngren 2001b). Låg rening motsvarar en enskild åtgärd medan hög rening kräver en anläggning i flera steg, till exempel en serie dammar med en översilningsyta vid utloppet.



Konsekvensklassning för yt- och grundvatten enligt vägverkets modell (Vägverkets enhet för statlig väghållning 1998). Konsekvensklasserna motsvarar de fält som markeras av de fetstilta siffrorna.

Reningsprocesser och effekt

Reningsprocesserna beror av flera faktorer och varierar över året. Valet av hanteringsmetod påverkar vilka ämnen som avskiljs och i vilken grad. De viktigaste reningsprocesserna i dagvattenhantering beskrivs nedan.

Sedimentering

Många föroreningar är bundna till markpartiklar eller andra partiklar som sjunker till botten när vattnet rinner långsamt. Detta kallas sedimentering och är en av de viktigaste processerna i dagvattenrening, framförallt i dammar. Ju långsammare vattnet rinner genom en damm, desto längre blir uppehållstiden och desto finare partiklar kan sedimentera (Persson 1997). Sedimenten som har sjunkit till botten utgör substrat för denitrifikation, alltså ombildningen av vattenlösliga nitrater till kvävgas. För denna process, som är betydelsefull för att minska näringshalten i vattnet, krävs mycket låg eller ingen syretillförsel. (Svensson et al. 2006a).

Växternas näringsupptag

Genom växternas upptag av näring minskar övergödning av recipienten. Framförallt kväve och fosfor bidrar till övergödning. Växterna och jorden fungerar också som filter och hjälper till att reglera vattenflödet. För att undvika alltför stor produktion av alger bör 60-70 procent av vattenytan vara bevuxen över eller under vattenytan. För mycket växtlighet stör vattnets flöde och därmed reningen. Mikroklimatet och djurlivet styrs till stor del av vegetationen, den ger bland annat vindskydd och skugga. Både placering, täthet och arter spelar in. Öppna vattenytor som får mycket solstrålning värms upp vilket ger mindre syre och därmed sämre förhållanden för fisk. Undervattensvegetation ger ytor för fastsittande bakterier och organiskt material i form av nedbrutna växtdelar (Svensson et al. 2006a).

Biologisk nedbrytning

I mark och vatten finns mikroorganismer som bryter ner små mängder av vissa förorenande ämnen. Syresättning är viktigt för att ge aeroba bakterier möjlighet att arbeta och kan fås genom att skapa fall i vattnet på vissa ställen i systemet. På hösten och våren sker en viss naturlig omrörning i dammar. Vintertid ligger ofta ett lager is på ytan som hindrar syretillförsel (Pettersson 1999a).



Stora dammar ger bra förutsättningar för sedimentering medan tät växtlighet är bättre för näringsreduktion. Öar eller växter hjälper till att fördela vattnet , vilket gynnar dessa båda processer samt mikrobiologisk rening. Övre bilden är från Husie mosse, Malmö; undre bilden är från Framtidsdalen, Borlänge.



PLANERING OCH UTFORMNING

Dagvattenplanering – olika tankar och arbetssätt

Många kommuner har börjat jobba med att föra upp dagvattnet till markytan och förändra planeringsmetoderna. Malmö stad har kommit långt med integrerad planering under de cirka trettio år detta arbetssätt har praktiserats i kommunen. Dagvattenplaneringen sköts av VA-verket och gatukontoret. Den integrerade planeringen innebär en helhetssyn där varje anläggning är en viktig del av en större vision.

Varje kommun har sin egen organisation där dagvattenarbetet ska passa in. Hur arbetet sker är inte det primära utan att man enas om tydliga mål, bestämmelser och ansvarsfördelning för dagvattenhanteringen för att undvikamisstolkningar och förenkla arbetet. Grunden i kommunal planering är översiktsplanen, som sätter ramarna för mark- och vattenanvändningen för cirka tio år framåt (Stahre 2004). En god dagvattenhantering är väl genomtänkt från översiktlig nivå till den enskilda anläggningen.

Att planera en dagvattenanläggning

Till att börja med ska det finnas ett tydligt syfte med en önskad anläggning. Är det rening som är det viktigaste eller en vacker parkmiljö? Det påverkar utformningen och lämplig metod. Det finns goda möjligheter att kombinera flera positiva värden i en dagvattenanläggning, till exempel biologisk mångfald, en lärorik miljö, strövstigar för friluftslivet och bättre vattenkvalitet i omgivningen. Andra fördelar som kan följa med ekologisk dagvattenhantering är positiv publicitet, ökat intresse från politiker och allmänhet, ekonomiska vinster och populära mötesplatser.

När målet är formulerat gäller de att placera anläggningen och undersöka platsens förutsättningar. Både gällande naturförhållanden och samhällsfaktorer. Är marktillgången inte tillräcklig för en större anläggning finns alternativet att utnyttja befintlig parkmark, hustak och genomsläppliga markmaterial. Befintliga parker ska dock tillgodose grönyttetillgången för invånarna och klara belastningen av vattenflöde och föroreningar (Lönngren 2001a). Längs Risebergabäcken i östra Malmö, som tar emot runt en fjärdedel av stadens dagvatten, finns flera dagvattenanläggningar. En del av dessa har anlagts i befintliga parker. Flacka slänter möjliggör kontrollerad översvämning och säkrare lek vid vattnet (Gatukontoret och VA-verket i Malmö). Skötselbehovet i parker är dock i allmänhet större än i naturområden.

Att ha ett mål med anläggningen som ska byggas och känna till den aktuella platsens förutsättningar är viktigt. Samtidigt går det inte att bortse från tillgängliga resurser. Man måste redan från början veta hur mycket man är beredd att satsa på anläggning, underhåll och skötsel. Det gäller även naturlika anläggningar, fastän de kan verka självgående.

Att beakta vid planering av en dagvattenanläggning:

Platsegenskaper

- topografi
- jordmån och vegetation
- växtzon, klimat
- hydrologi
- nederbördsförhållanden
- tillgänglig yta
- yta som ska avvattnas, storlek och typ
- recipientens känslighet och värde
- dagvattnets kvalitet
- föroreningskällor och förebyggande arbete
- ägarförhållanden
- befintlig infrastruktur, inklusive dagvattenledningar

Organisation och samhällsförutsättningar

- tillgänglig kompetens och kunskap
- samarbete
- ekonomi för anläggning och förvaltning
- förvaltningsansvar

Markanvändning, tillgänglig yta, topografi och hydrologi är några av de förutsättningar som dagvattenhanteringen bör styras av. Befintliga vattendrag kan i vissa fall användas för omhändertagande av dagvatten men känsliga naturtyper bör alltid skyddas.



Utformning

Rätt dimensionering är avgörande för reningen och fördröjningen. Beräkningarna görs oftast av ingenjörer och det finns datorprogram som utifrån värden för bland annat nederbörds mängd räknar ut lämplig storlek på en önskad anläggning. Dessa modeller är bra hjälpmedel för att uppskatta storleken på en planerad anläggning men resultatets noggrannhet är helt beroende av utgångsvärdena.

I dammar renas vattnet framförallt genom sedimentering. Ju långsammare det rinner desto finare partiklar sjunker till botten. För att detta ska fungera väl behöver dammens volym räcka till för det inkommande vattnet och utloppet begränsa utflödet. Kraftiga flöden kan annars hindra sedimentering och skölja ur fastlagda sediment samt leda till översvämning. Sedimenteringen är direkt kopplad till den tid vattnet stannar i dammen, det som kallas uppehållstid. Vägverket (1998) anger 12-24 timmar som riktmärke för god reningseffekt. En slingrande form eller hinder vid in och utloppen ger en längre uppehållstid i och med att vattnets väg förlängs. Det är ett sätt att öka reningseffekten i en liten damm. Enligt Pettersson (1999a), som har studerat reningseffekt i ett antal olika dammar, bör volymen medge en uppehållstid som motsvarar tiden mellan två nederbördstillfällen. Detta eftersom nästan all rening sker under torrperioder. Djupet bör dock begränsas för att undvika syrebrist i bottenskiktet. Vägverket specificerar lämpligt ett djup på en till två meter för att både anaeroba och aeroba processer ska kunna ske.

För stora dammar riskerar att torka ut och ge ett skräpigt intryck. Vid studier av vattenflöde och vattenkvalitet i sydsvenska reningsdammar visade sig dammens yta ha stor betydelse för reningen. Reningseffekten påverkades av den specifika dammarean, alltså dammens area i förhållande till den sammanlagda arean avvattnade hårdgjorda ytor. Enligt undersökningen gav 2,5 procent specifik dammarean optimal föroreningsavskiljning (Pettersson 1999a).

I bebyggda områden kan det vara svårt att hitta tillräckligt mycket fri mark för att kunna bygga dammar stora nog att ta hand om allt dagvatten. Man kan ändå göra mindre dammar i kombination med brunnar eller någon annan åtgärd som begränsar tillflödet till dammarna. Kraftiga flöden kan röra upp sediment från dammbotten, vilket förtar reningseffekten och ökar risken för översvämning (Lönngren 2001a). Det finns även metoder

som inte är ytkrävande, exempelvis gröna tak, perkolationsmagasin under mark och infiltration i befintliga grönytor.

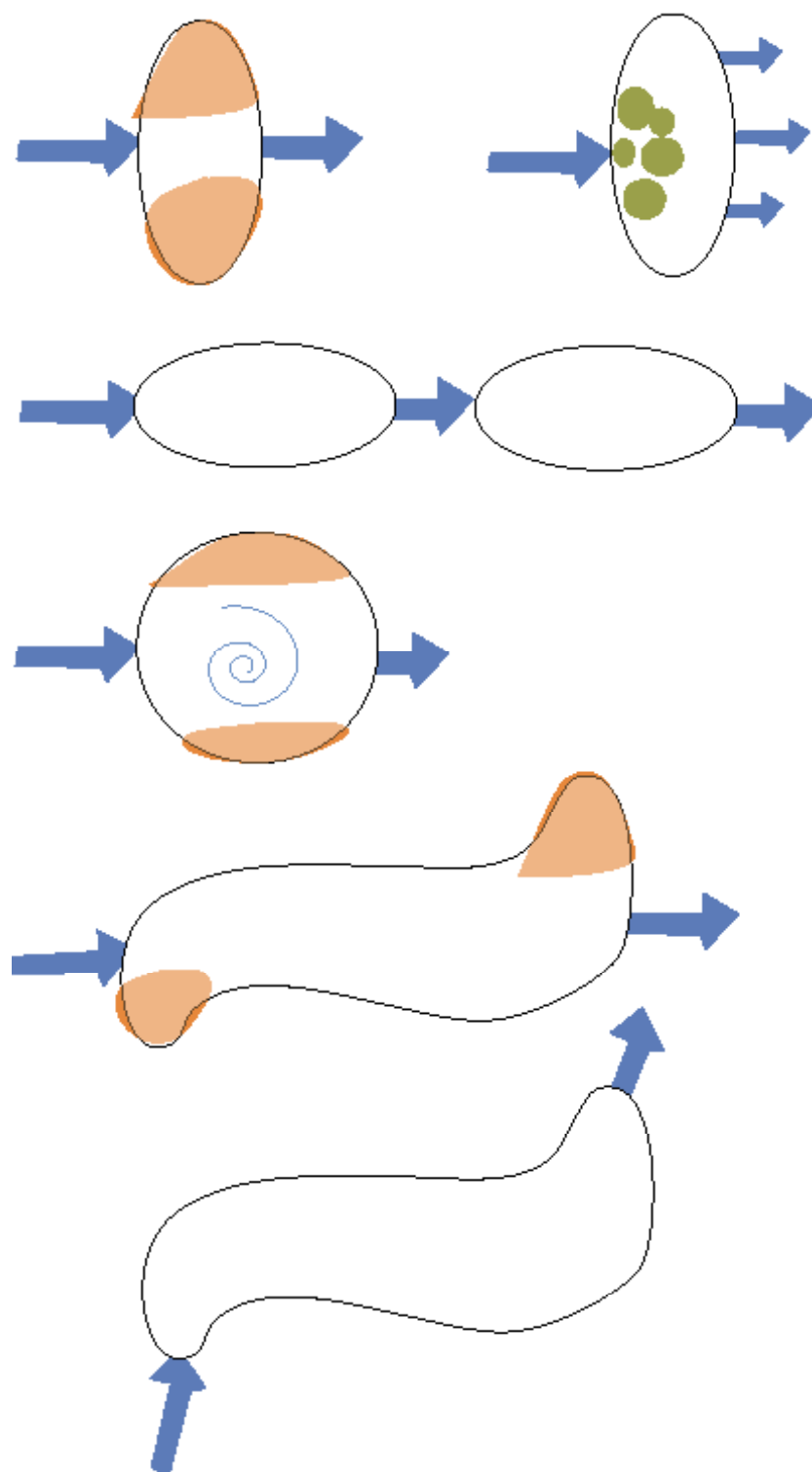
För god hydraulisk effekt, alltså vattnets fördelning, rekommenderas generellt ellipsformade dammar där inloppet är i ena "kortändan" och utloppet i den andra (se illustrationen till höger). Vilket längdbreddförhållande som rekommenderas skiljer sig från källa till källa, mellan 2:1 och 1:10 (Lönngren 2001a). Inlopp ska helst vara flera för att vattnet ska spridas istället för att komma i en smal stråle. Finns det bara ett inlopp kan man ordna spridningen med en bank eller liknande. Ur hydraulisk synpunkt är det inte bra med utformningar där vattnet blir stående på något ställe, så kallade "döda zoner", konstaterar Persson (1997). Vägt mot biologiska och estetiska faktorer är ett optimalt vattenflöde inte alltid värt att prioritera, tillägger han. Stillastående vatten gynnar till exempel vissa djurarter. (Persson 1997). Vattnets flödesmönster påverkas även av bottentopografin (Pettersson 1999a).

Utförningsprinciper för god hydraulisk effekt i en damm. Vattnet tar den enklaste vägen genom systemet så utformningen bör tvinga vattnet att röra sig så att inga döda zoner uppstår. Växtlighet, bottenmaterial och bottentopografi påverkar också vattenflödet.

Ellipsformade dammar med in- och utlopp på kortsidorna ger låg hydraulisk effektivitet. Vattnet rinner den kortaste vägen vilket ger döda zoner i stora delar av dammen. Hinder i form av exempelvis stenar eller växter samt flera in- och utlopp sprider vattnet bättre. Zoner där vattnet står stilla undviks också om vattnet leds i dammens längdsträckning istället för tvärs igenom.

En rund eller nästan rund damm kan ge upphov till virvelrörelser och döda zoner.

Slingrande former på dammar utnyttjas bäst om vattnet leds genom hela dammen. Det ger bra omsättning. In- och utloppens placering är viktig för flödet.



PLANERING OCH UTFORMNING

Gestaltning och vegetation

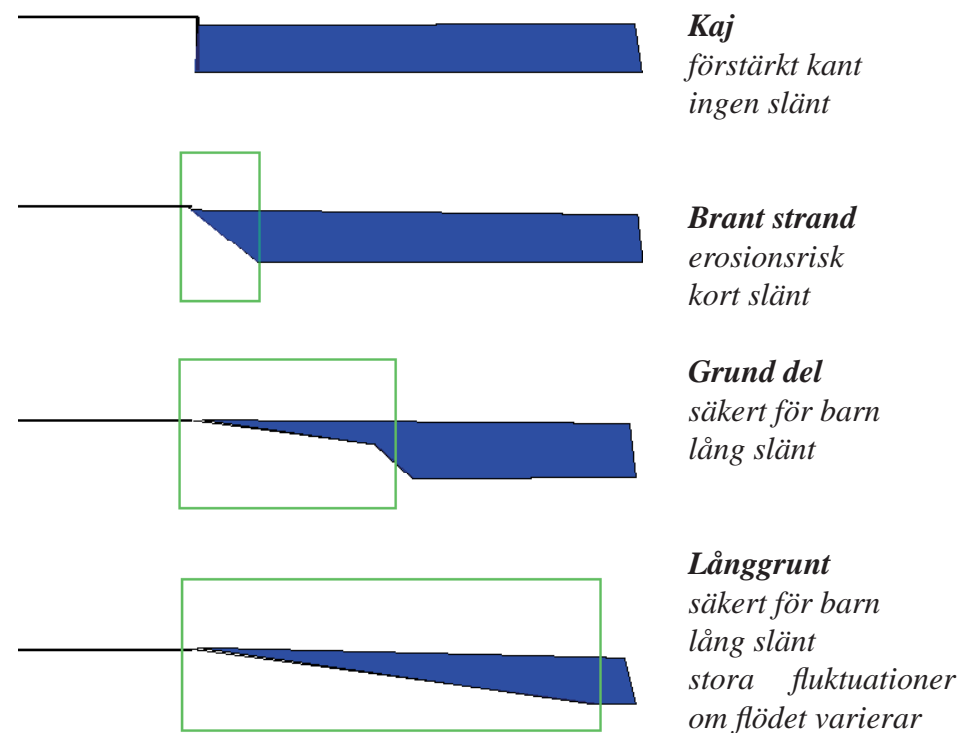
Utformningen är viktig för hur en anläggning fungerar och uppfattas. Kanske påverkas i förlängningen också den allmänna attityden till ekologisk dagvattenhantering. Syfte, platsegenskaper, vattenkvalitet, flöden och val av metod sätter vissa ramar för gestaltningen. Om anläggningen ska fungera som rekreatiomsområde, vilket inte är ovanligt, ställer det dessutom krav på tillgänglighet och säkerhet. Skötsel och underhåll bör också vägas in. Växter är en viktig del i vattnets naturliga kretslopp. De bidrar till rening, påverkar vattenflödet och mikroklimatet, tar upp markvatten och avger vattenånga. På grund av sina många funktioner är växterna mycket användbara i ekologisk dagvattenhantering. Växterna påverkas i sin tur av faktorer i omgivningen såsom vattenståndet och dess variation, jordmånen och den omgivande vegetationen. Samspel och konkurrens mellan arter är ytterligare en faktor att beakta vid val av växter. Det underlättar etablering och god utveckling i anläggningen. Ett annat sätt är att låta vegetationen etableras fritt, vilket kan sänka kostnaden för investering och skötsel samt ge anläggningen ett mer naturligt utseende. I stadsmiljö kan det uppfattas som ofärdigt eller ovårdat innan växtligheten har hunnit etablera sig så denna metod lämpar sig kanske bättre för ytterområden. Information om idén med dagvattenanläggningen är ett bra sätt att öka förståelse och kunskap hos allmänheten.

Strandzonen

Stranden är en ytterst värdefull del av alla vattenområden. Där vatten och land möts i en gradvis övergång uppstår flera typer av livsmiljöer, vilket ger goda förutsättningar för en mängd arter. Strandzonen har en naturlig gradient av fuktighet och en flora av vattenlevande, fuktälskande och mer torktåliga växter. Beroende på lokala förhållanden ser stränder olika ut. Vattnets näringshalt har till exempel stor inverkan på artsammansättningen. Skoogh (2007) ger exempel på jordar och växtarter som ofta återfinns i näringsrika respektive näringsfattiga vattenområden. Vassbälten är en vanlig syn runt Mälardalen, där jordarna är leriga, näringsrika och till stor del är eller har varit uppodlade. Vattnet får mycket näring, bland annat från överskott av gödsel, vilket gynnar konkurrensstarka och storvuxna arter. Kaveldun, klibbal och gråvide är andra karaktärsarter som återfinns vid näringsrika vattenområden. Strandängar på dessa platser består mest av höga tuviga gräs och växer snabbt igen på grund av den goda näringstillgången. Bete ger bättre förutsättningar för en rik flora med låga örter samtidigt som det håller marken öppen. Näringsfattiga stränder har

ofta sandiga jordarter som inte har odlats, vattnet är klart och vassbälten finns inte. Typiska arter i vattenbrynet är säv och sjöfräken. Flera arter av rosettväxter trivs på botten.

Undervattensvegetation gynnar bakterier som bidrar till reduktionen av näringsämnen (Svensson et al. 2006b) och tar, liksom flytbladsväxter, upp näring och metaller (Svensson et al. 2006c). Vegetation i vatten sänker hastigheten vattenflödet, vilket underlättar sedimenteringen. Undervattensväxter har fler funktioner som inverkar på vattnet, alla är inte kända och man vet inte huruvida de är enbart positiva för dagvattenhanteringen.



Strandzonen, som är markerad i grönt, har en gradient av fuktighet som gör att flera arter trivs där. Släntens lutning och längd påverkar säkerheten, (damm)volymen, växtetableringen, erosionsrisken samt uttrycket. Till höger strandzonen vid ett näringsrikt vatten. Växtligheten är tät och vass dominerar i vattenbrynet och en bit ut i vattnet.

Exempel på utformning

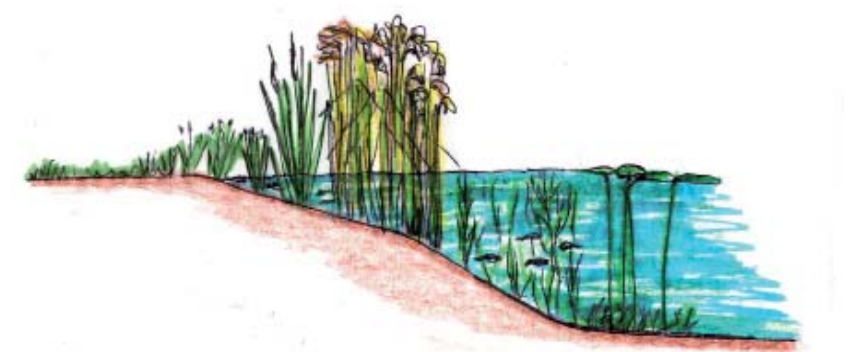
Här ges några olika exempel på hur ekologiska dagvattenanläggningar kan utformas. Dessa anläggningar beskrivs mer ingående avsnittet om erfarenheter och exempel (sidan 41).

Framtidsdalen i Borlänge - växtanvändning

Växter används framförallt som formelement. De olika delarna av parken har olika uttryck och delvis olika växtmaterial. Strandmattor av kokosfiber har använts med framgång, växterna etableras väl och skötselbehovet är lågt. Mattorna innehåller en blandning av fuktälskande växter. I delar av parken har befintlig vegetation sparats. Den naturliga och den anlagda vegetationen samspelar väl.



Vattenparken är en lummig oas mitt bland vägar och bebyggelse. Med hjälp av färdiga strandmattor har den fått frodiga stränder.



Hammarby sjöstad -urban vattenmiljö

Dagvattensystemet är väl synligt i form av kanaler och infiltrationsytor. Många små kanaler leder vatten från gårdarna till en större. Som namnet antyder är detta ett stadsområde, vilket innebär tät bebyggelse och medveten utformning av alla ytor. Den ständiga närvaron av vatten i olika former lättar upp den täta och strama bebyggelsen. Även belysningen är ett betydelsefullt och spännande element i Hammarby Sjöstad. Bland annat finns i kanalen stämningsskapande undervattensarmaturer. Vegetationen är anpassad till formspråket och skalan, med många små vegetationsytor, gröna tak och starka former. På sina håll finns sparad natur, till exempel vassbälten längs en mer naturlig strandsträcka. Där har en träkaj anlagts som har blivit ett populärt promenadstråk.



Kanalen som tar emot dagvatten från gårdarna går lång och rak mellan husen. Den ger ett mäktigt intryck med sin strikta arkitektur. Belysning och växter mjukar upp och tillför andra dimensioner till gestaltningen.



Märsta åpark

En bäckfåra och dammar för dagvatten längs järnvägen intill Märsta centrum. Vattnet pumpas upp för att hålla vattenytan konstant. Det är lätt att komma nära vattnet vid de flacka stränderna, vilket ger en starkare upplevelse av vattnet. Via broar och promenadvägar tar sig besökaren genom parken, som ansluter till stormarknader och en ishall.



Grodperspektiv mot söder där den konstgjorda bäckfåran rinner ut. Ovan en damm vid handelsplatsen längre nedströms. Flacka stränder får dammarna att "sväller ut" och ger stora vattenspeglar.

Vintrie dike

Ett rakt och tydligt formspråk som träder fram och samtidigt förstärker det öppna landskapet. Den låga och försynta bebyggelsen i form av en bykyrka och småhus ger landskapet ytterligare utrymme. Vattnet rinner mellan olika nivåer genom betongelement och den sparsamma växtligheten tillåter formen att träda fram. Vattennivån är inte reglerad och därför varierar karaktären mycket beroende på nederbörden.



Vintrie dike i solnedgången.

METODER

Metoder för ekologisk dagvattenhantering

Inom ED ingår flera olika metoder för rening, fördröjning och uppsamling av dagvatten. Detta avsnitt visar översiktligt de vanligaste metoderna.

Gröna tak

Gamla torp med gräsbevuxna tak har nog de flesta sett. De anlades troligen inte för att ta hand om regnvatten men i likhet med dagens gröna tak hade de förmågan att fördröja och avdunsta nederbördsvattnet. Idag används främst vegetationsmattor med en blandning av fetbladsväxter eller låga ängsväxter. De är prydande samtidigt som de minskar dagvattenflödena till marken. Takkonstruktionen måste vara kraftigare än normalt för att klara den extra belastningen. Gröna tak blir därför dyrare att anlägga än konventionella tak, en anledning till att de mest används på lägre byggnader där de syns väl (Krusemo 2007). Fördelar utöver förmågan att ta hand om dagvatten är att taken utgör livsmiljöer för insekter och fåglar (Villareal 2005b), spar energi genom att verka isolerande (Villareal 2005c;d;e) och förbättrar mikroklimatet genom avdunstning (Villareal 2005d). Exempel på hur man kan använda gröna tak beskrivs närmare i avsnittet om Augustenborg (se sidan 43). Samma typ av färdiga vegetationsmattor som läggs på tak används även på andra ytor där etablering av större växter är problematisk, till exempel i gaturefuger.

Markvegetation

Dagvatten från exempelvis villaområden är



En skålad gräsyta eller ett grönt tak ger infiltration och estetiskt uttryck. Kristinebergs strand, Stockholm.

i princip fritt från föroreningar och kan därför med fördel infiltreras lokalt. Det kan göras med enkla metoder i trädgårdar och på allmänna eller gemensamma grönytor. Tydlig ansvarsfördelning är dock viktigt för att skötsel och underhåll ska fungera. Skålade, lågt belägna gräsytor; svackdiken (flacka gräsbevuxna diken som ibland har en sträng av grus i botten för bättre infiltration) samt ytor med genomsläppliga hårdgjorda material såsom grus eller marksten med breda fogar är exempel på infiltrationsvänliga ytor.

Bevattning och infiltration kan kombineras genom att dagvattnet leds över vegetationsytor. Så tas en del av dagvattnet i Hammarby sjöstad tillvara. Där har bland annat vägdagvatten på försök använts för att bevattna träd i gatumiljö. Alm (2005) har följt upp projektet och konstaterat att det föll väl ut. Träden utvecklades bra, kanske till och med bättre än de som inte bevattnades med dagvatten. Det som begränsade mängden dagvatten som kunde infiltreras begränsades inte av växtbäddens volym utan av jordens genomsläpplighet. Mindre ytor behöver eventuellt kompletteras med exempelvis kanaler för att leda bort överflödigt vatten.

Översvämningsytor är vegetationsytor som används i kombination med befintligt ledningsnät (Stahre 2004). Det kan till exempel vara en låglänt gräsyta som inte används för andra ändamål, där vatten får stå tills det infiltrerar i marken. Vid höga flöden i ledningarna leds vattnet ut till ytan. Marktillgången bör vara god för att denna metod ska fungera väl.

Upphöjd brunn i gräsyta. Augustenborg, Malmö.



Rabbatter utan kantstöd kan ta emot dagvatten från ytorna runt omkring. Augustenborg, Malmö.



Genomsläppliga markbeläggningar

I ett villaområde i Luleå byttes den gamla asfalten på gatorna mot permeabel asfalt. Vattnet skulle då kunna infiltrera i marken via asfalten istället för att rinna av ytan. Efter några år i drift kunde man konstatera att vattnet rann igenom som det skulle, tjälskador uteblev och det tidigare problemet med översvämmade källare var löst. Den ökade kostnaderna för anläggning jämnade ut sig i och med att dagvattenbrunnar och ledningar inte behövdes (Lönngren 2001). Permeabel asfalt har större porer för att underlätta vattnets infiltration, vilket även gör det lätt att partiklar och olja samlas och där och gör ytan lika ogenomtränglig som normal asfalt. Den är också känsligare för tryck i och med sin porositet. Permeabel asfalt har visat sig kunna fungera väl i upp till 20 år enligt Stahre (2004). Underhåll och platsspecifika egenskaper påverkar dock livslängden.

Naturligtvis finns det inte bara genomsläppliga respektive ogenomträngliga ytor utan en skala av genomsläpplighet där olika markmaterial placerar sig. Små markstenar, som smågatsten, med breda fogar samt grus ger relativt bra infiltrering. Eftersom det är i fogarna som infiltrationen sker är deras bredd avgörande för denna funktion. Mycket breda fogar kan däremot försämra hållfastheten i beläggningen. På bland annat parkeringsytor och bostadsgårdar används ibland armering i form av markbetong eller plastplattor med stora hål. Dessa kan fyllas upp med grus eller planteras med gräs. Det ger en körbar yta med god infiltrationsförmåga. Gräs gör också att beläggningen får färg och bidrar till rening av dagvattnet. Igensättning med exempelvis olja på parkeringsytor, sker lätt om beläggningen inte regelbundet underhålls (Jansson et al. 1992).

Genomsläppliga hårdgjorda beläggningar

- Permeabel asfalt
- Marksten (natursten, markbetong)
- Armeringsbeläggningar
- Grus



Betongarmering med gräs. Mönstren och hålstorleken går att variera.

Perkolationsmagasin

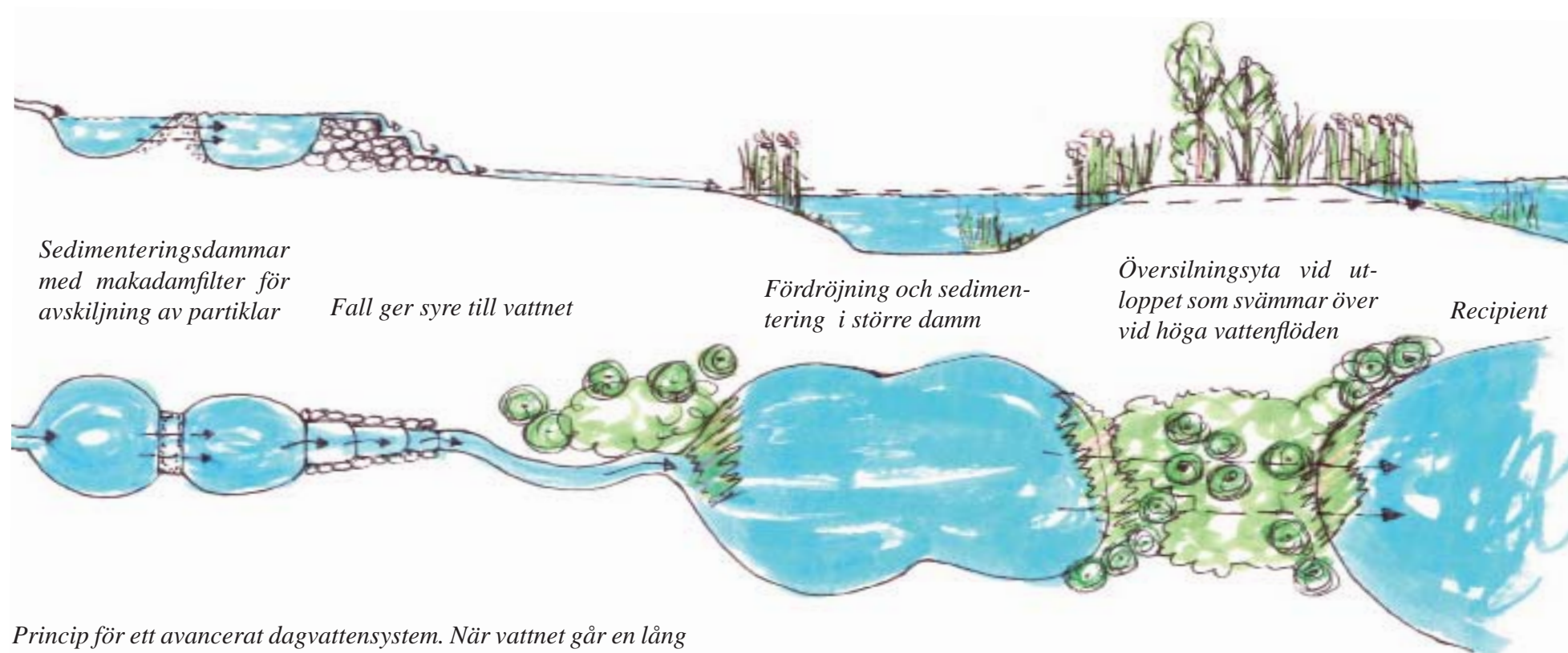
Ibland kallas de stenkistor eftersom de som underjordiska stenfyllda lådor dit dagvatten leds för att successivt sippra ut i marken. Ju grövre porerna är desto snabbare passerar vattnet och desto större partiklar går igenom. Om marktillgången är begränsad kan detta vara en bra lösning men vattnet måste vara relativt rent eftersom en perkolationsanläggning i stort sett bara fördröjer det. Eventuellt slam sätter också igen porerna i magasinet så skötsel är nödvändigt för god funktion (Falk 2004).

Våtmarksanläggningar och dammar

Det finns flera olika typer av våtmarksanläggningar och varierande benämningar. Begreppet våtmark används ibland som ett samlingsnamn där även dammar inkluderas. Dessa kan, i sin tur, delas upp i ”våta” respektive ”torra” dammar, beroende på om de har en permanent vattenyta eller inte. Någon sådan uppdelning görs inte här utan dammar är de anläggningar som har en permanent öppen vattenyta och våtmarker är fuktiga marker.

Dammar har olika syften och utformning, vilket delvis förklarar de många benämningarna. Inte bara dagvatten utan även avloppsvatten och naturvatten, alltså vatten från skogs- och jordbruk, kan tas omhand med hjälp av dammar. Persson (1997) Beskriver tre typer av dammar för tre typer av vatten. Poleringsdammar behandlar renat avloppsvatten som ett eftersteg till reningsverk. En miljödamm är en våtmark eller damm som fungerar som näringsfälla i anslutning till brukad mark. Dagvattendammar är de som oftast syns i stadsmiljö. De är populära eftersom de kan både effektivt rena och fördröja dagvatten och samtidigt erbjuda ett rikt växt-djurliv samt fina rekreativsmiljöer. Öppna vattenytor är uppskattade inslag i utemiljön men hög näringsreduktion, som ofta eftersträvas, kräver tät växtlighet. Andra reningsprocesser gynnas av andra faktorer. Inom ett större område kan olika karaktärer och metoder med fördel kombineras för att tillfredsställa behov av tillgänglighet, vattenrening med mera.

Försedimentering är ett sätt att avskilja en del av partiklarna i ett tidigt stadium för att förhindra spridning nedströms och underlätta uppsamlingen. Vattnet leds då först genom en damm som är extra djup vid inloppet, där sedimenten ska fångas upp. Det måste vara möjlighet att komma ner med fordon då sedimenten behöver skördas.



Princip för ett avancerat dagvattensystem. När vattnet går en lång väg och fördröjs i en större damm hinner de naturliga reningsprocesserna ske. I de olika stegen sker olika processer: bland annat filtrering, växtupptag och sedimentering.

Stora variationer i nederbörden försvårar i allmänhet gestaltningen av en anläggning eftersom vattenståndets fluktuation påverkar växtetableringen och utseendet. För att hålla en jämn vattenyta och inte riskera att dammar och kanaler torkar ut kan pumpsystem installeras. Tekniken är relativt enkel och systemet fungerar automatiskt men ett visst underhåll är nödvändigt (Krusemo 2007). Det går också att använda det naturliga flödet och låta vattennivån variera men det passar kanske bättre i naturområden. I stadsnära miljö vill man ofta ha mer ordnade anläggningar som ser välskötta ut.

Fall och rörelse tillför syre, som behövs för att vissa processer ska fungera. Det kan göras med trappor eller fall, till exempel i utloppet från en damm. Dessa kan utformas fritt för att skapa speciella rörelser och ljud eller ljussättas för att skapa effekt.

Översilningsytor är bevuxna ytor som vattnet leds genom, en typ av våtmark som framförallt tar upp stora mängder näring i växterna. Marksubstratet och den marknära vegetationen fungerar samtidigt som ett filter för partiklar och viss biologisk nedbrytning sker i marken.

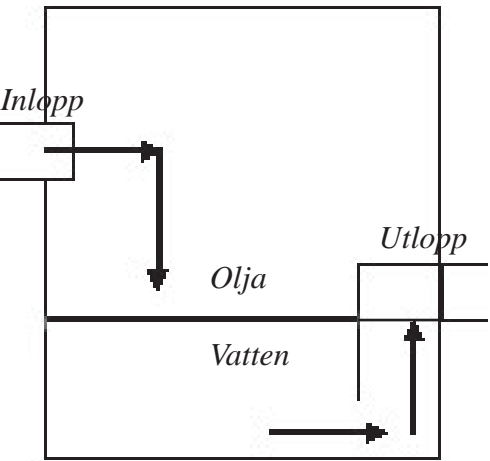
METODER

Konstruerade filter

Sand är ett vanligt filtermaterial som inte bara används för dagvattenrening utan även för rening av dricksvatten och avloppsvatten (Färm 2003). Reningen sker genom att föroreningar fastnar i porerna, vilket gör att lösta ämnen går rakt igenom. Ju grövre kornen är, desto snabbare rinner vattnet igenom filtret och desto större partiklar passerar igenom.

Filter med till exempel torv och mineralull kan sättas ner direkt i en rännstensbrunn. Det finns flera olika lösningar på marknaden men filtren är dyra att installera och sköta. Utformning och material varierar beroende på ändamålet. Reningseffekten har hittills visat sig begränsad men med utvecklad teknik kan filtren komma att bli värdefulla för rening av starkt förorenat dagvatten från begränsade ytor (Malmqvist 2003). Att kunna samla upp föroreningar i dagvattenbrunnar är positivt eftersom det kan ske nära källan.

Oljeavskiljare används framförallt för dagvatten från stora vägar och parkeringsytor. Det finns olika typer av oljeavskiljare men grundprincipen är att oljan skiktas bort då den inte blandas med vattnet utan lägger sig som ett skikt ovanpå. Vid höga flöden hinner inte skiktningen ske, vilket försämrar funktionen. Sedimentering sker också av partiklar som är tillräckligt tunga för att sjunka till botten, också det beroende av flödes hastigheten (Mróz, red. 2003).

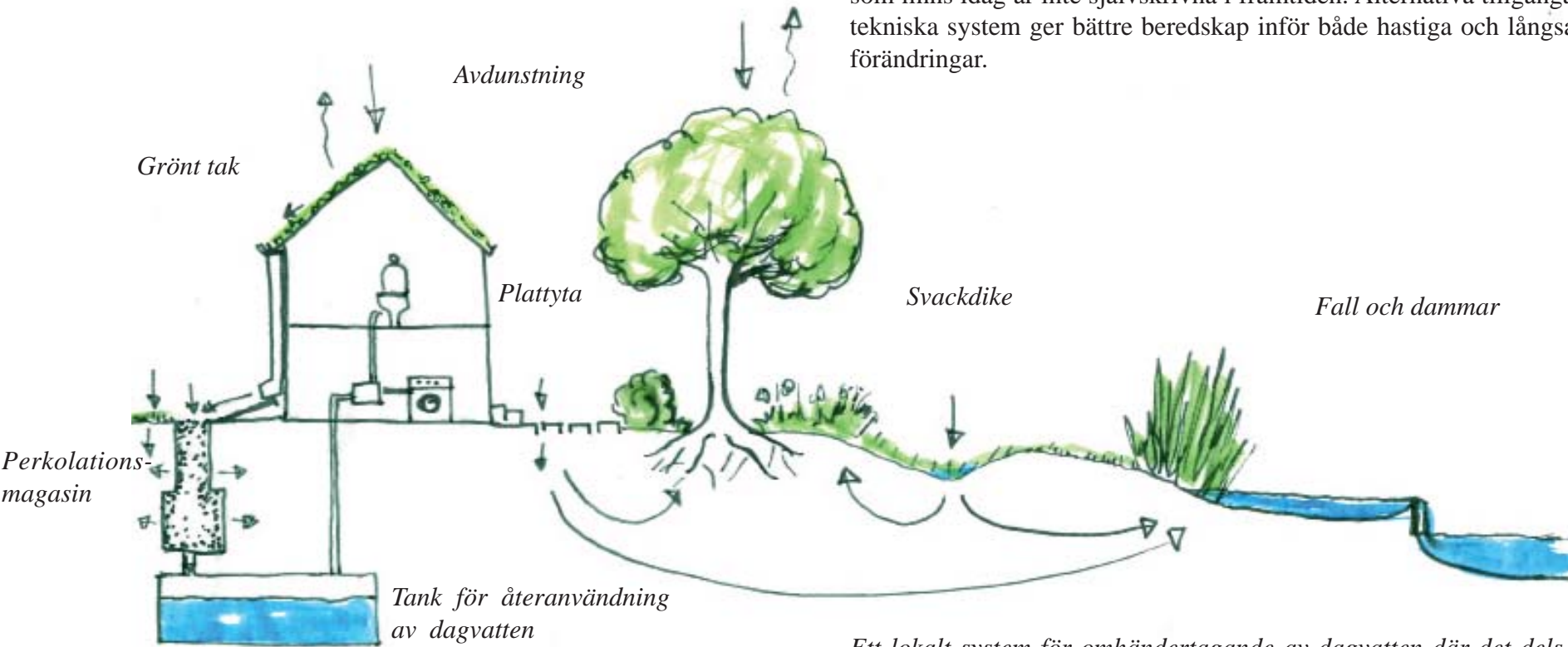


Principskiss för oljeavskiljare. Oljan lägger sig som ett skikt på vattnet och kan avlägsnas medan vattnet fortsätter i systemet när vattennivån blir så hög att den når utloppet.

LUD – lokalt utnyttjande av dagvatten

Uppsamling av regnvatten i en tunna vid stupröret kräver varken avancerad utrustning eller kunskap. Det fördröjer vattenflödet och ger ett förråd för till exempel bevattning. LUD bygger på samma princip men med tekniska lösningar för att integrera det i de moderna vattensystemen i en fastighet. Begreppet LUD är en variant av det mer etablerade LOD, med skillnaden att regnvattnet inte leds undan utan tas tillvara i hushållet för att begränsa dricksvattenkonsumtionen. I områden där det är ont om färskvatten i marken kan regnvattnet vara en stor färskvattentillgång. Mat, dryck och personlig hygien kräver hög vattenkvalitet men för övrig vattenkonsumtion i hushållen, cirka 65 procent, är det onödigt att använda dricksvatten (Gerklev 1994). Man kan tänka sig två parallella system där uppsamlat regnvatten används för bevattning, tvätt, disk och så vidare.

I framförallt Tyskland och Danmark finns ett intresse för utnyttjande av regnvatten inom enskilda fastigheter (Gerklev 1994). Sverige har väldigt god tillgång på färskvatten och därför har det inte fått genomslag



Ett lokalt system för omhändertagande av dagvatten där det dels återförs till kretsloppet och dels återanvänds för hushållsändamål.

Erfarenheter av ED och exempel från några platser

I arbetet ingår ett antal studiebesök för att ge perspektiv på den praktiska tillämpningen av ekologisk dagvattenhantering i Sverige och inspiration till förslaget. Några av platserna redovisas här som exempel på olika typer av anläggningar. Deras gemensamma nämnare är kombinationen av dagvattenhantering och rekreationsmiljö i eller nära staden. Olika förutsättningar och utformning ger skilda resultat.

Framtidsdalen i Borlänge - växter i fokus

Framtidsdalen kom till efter ett beslut i slutet av 1990-talet om ett kunskapscentrum för att locka företag och studenter. I det centralt belägna området fanns redan högskolan, Vägverket och shoppingcentret Kupolen. Idén var att utveckla utemiljön till en kreativ och inbjudande parkmiljö med vatten som sammanhållande element. Lusbäcken, en hårt belastad recipient som går genom området, skulle renas med hjälp av dammar och tillsammans med estetik och miljötänkande styra utformningen (Borlänge Energi Stadsmiljö). Växterna har en central roll i Framtidsdalen genom att skapa skiftande karaktärer och klä parken i grönska. Deras renande och vattenfördelande funktion är inte primära syften men kan ändå ha betydelse vattenkvaliteten.

Framtidsdalen består av tre huvuddelar: Den naturliga Pylonendammen, aktivitetsparken Börje Anderssons park och den lummiga centrumnära Vattenparken. Vid *Pylonendammen* har bara den ena av stränderna planterats med vegetationsmattor medan den andra lämnats för att visa sin ursprungliga växtlighet och siltjordens naturliga erosion. Sedimentering renar vattnet som fortsätter mot Vattenparken, en mer tydligt anlagd parkmiljö.

Börje Anderssons park vid högskolan är en helt anlagd park som präglas av aktivitet och kultur. Där finns ytor för utomhusaktiviteter och en bäck som slingrar sig under faluröda broar från en övre damm och sedan fortsätter ner mot Vattenparken. Stränderna kantas av låga strandväxter, delvis från färdiga rullar av kokosfiber, och det är lätt att ta sig ner till vattnet. Skulpturer och en vattentrappa bidrar till känslan av kultur och finpark. Intill parken, framför högskolan, har ett trafiktorg formgivits med en avlång damm i trappsteg som övergår i en stiliserad bäck i stenläggningen ner mot Börje Anderssons park. Den ska påminna om vattnets ständiga närvaro.

Karaktären i Framtidsdalen skiftar mellan stadsmässigt kajstråk och naturlig dammiljö. Vattnet är alltid närvarande i olika former och skapar, tillsammans med informationsskyltar och vegetation, ett helhetsintryck. Perenner har planterats, både som pluggplantor och i form av färdiga växtmattor eller rullar av kokosfiber. De två senare alternativen har fungerat bättre, troligen beroende på lägre skötselbehov i och med mindre konkurrens från övriga växter (Nilsson & Stenberg 2007). Dessutom hjälper mattorna till att stabilisera den siltrika jorden, vilket förhindrar erosion medan växterna utvecklar sina rötter (Borlänge Energi Stadsmiljö).



Vattentrappa i Börje Anderssons park.

Parkmiljön är mycket uppskattad och använd, vilket förmodligen beror på en kombination av bra utformning och centralt läge. *Vattenparken* är lite av en stadspark strax intill centrum. Utformning, material och växtval ger en karaktär av finpark samtidigt som delar av den befintliga växtligheten är sparad. Vattnet är uppdelat i två olika system, ett med bäckvatten som renas och ett slutet system med rent dagvatten från omgivande ytor och bebyggelse. Det vattnet rinner från Börje Anderssons park till Vattenparken och pumpas tillbaka (Nilsson & Stenberg 2007).

Reningen av Lusbäcken fungerar inte som det var tänkt (Nilsson & Stenberg 2007). Det beror antagligen på att kraftiga vattenflöden sköljer ur sediment som samlats i dammarna. Mycket vatten kommer från bergen och blandas med det förorenade dagvattnet från stadens ytor. Nya dagvattendammar längre nedströms planeras i samband med utbyggnad av ett industriområde. Dessa ska ligga bredvid bäcken och ha reglerade in- och utlopp för att undvika problemet med ursköljning av sediment. Även en sankmark där vattenståndet kan fluktuera ska anläggas längre ner i vattensystemet.

Kaj i övre delen av Börje Anderssons park. Därifrån slingrar sig vattnet vidare runt parken.



Faluröda broar leder besökaren genom Vattenparken. Köpcentret Kupolen tornar upp sig i bakgrunden.



Pylonendammen är stilla och naturlig.



EXEMPEL

Malmö stad – integrerad planering

Enligt Niemczynowicz (1999) är Malmö en av de kommuner som har kommit längst med integrerad dagvattenplanering. Denna planeringsform innebär att man inte isolerar dagvattnet som ett tekniskt problem utan försöker använda det som en positiv del i stadsbyggnaden. Aspekterna biologisk mångfald, gestaltning samt vattnets kvantitet och kvalitet tas i beaktande när kommunens Gatukontor och VA-verk planerar dagvattenhanteringen. I strävan efter ett fungerande kretslopp i ett hållbart samhälle spelar dagvattenhanteringen en viktig roll. Mer direkt syftar den till att minska dagvattenmängd, breddningar och toppflöde i det tekniska systemet. Arbetet med alternativa åtgärder för omhändertagande av dagvatten i Malmö har skett på flera sätt. Niemczynowicz tar som exempel upp en satsning på uppmana småhusägare i ett område att koppla bort sitt takvatten från det lokala ledningsnätet och istället infiltrera det direkt i gräsytor. Materialet betalades av kommunen medan husägarna själva stod för arbetet. Många gick med på förslaget, kanske tack vare informationen om stadens dagvattenhantering och deras egen möjlighet bidra till förbättring.

En våtmarkszon runt staden ska förbättra vattenkvaliteten genom rening i befintliga vattendrag och anlagda våtmarkskomplex. Dagvattenanläggningarna fungerar också som strövområden och nödvändiga livsmiljöer för många arter. Tomtmarken i närheten har ökat i värde, vilket är ett tecken på uppskattning hos allmänheten (Niemczynowicz 1999).

Vintrie dike

Vintrie ligger i Malmös södra utkant, där det flacka landskapet ger långsträckta vyer. Anläggningen Vintrie dike har utformats utifrån ett befintligt vägdikey längs en lokal gata med småhus på ena sidan och en kyrka på den andra. Det starka formspråket med raka linjer och betong passar väl in i omgivningen.

Diket är uppdelat i ett antal sektioner på olika nivåer som är avdelade av betongelement, lite som en enorm vattentrappa. Vattendjupet och bottenmaterialet har gjorts skiftande i samarbete med en biolog för att skapa goda förutsättningar för olika arter (Thysell 2007). Vegetationen är spontant etablerad och i viss mån ditsatt av boende i området. På sidorna av diket har man tagit bort matjorden för att få magrare jord och därefter

sått ängsfrö för att ge lågt skötselbehov. Anläggningen stod klar 2003 så vegetationen har ännu inte etablerats helt. Det tar antagligen ett eller två år till innan man kan bedöma resultatet (Thysell 2007).

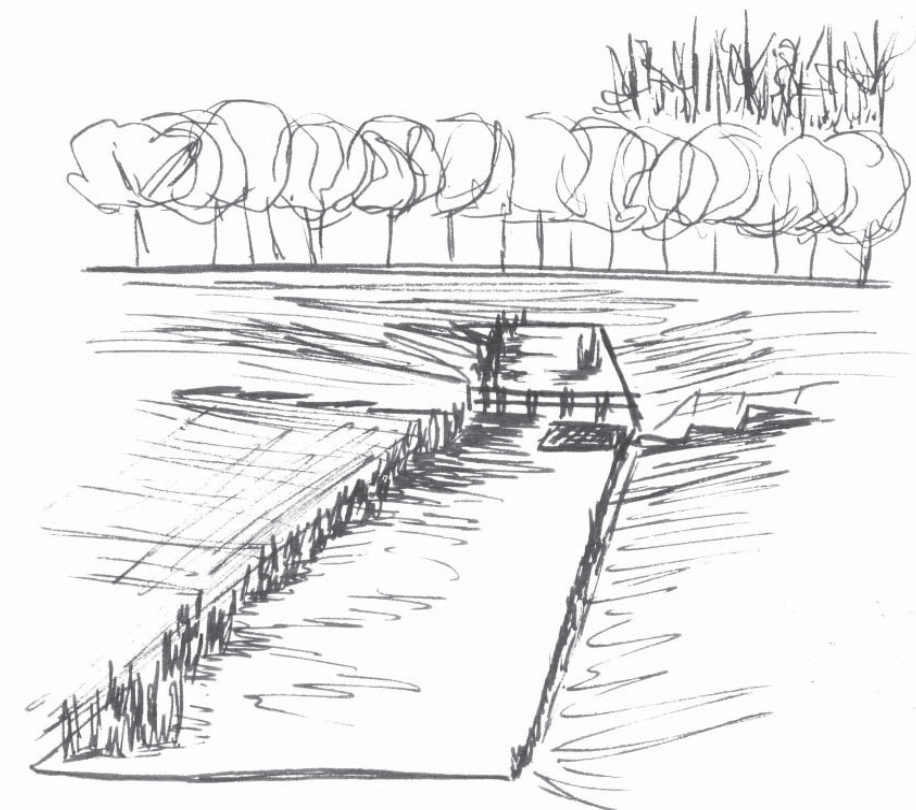
Diket samlar och fördröjer dagvatten från bostäder och efterhand kommer fler bostäder samt ett handelsområde att kopplas till. Fördröjning är den viktigaste funktionen men viss rening sker förmodligen också. Det är ett medvetet val att inte reglera vattenytan utan låta den variera med nederbörden för att ge skiftande karaktär med väder och årstid. Diket kan torka ut helt under vissa perioder och det har förekommit alg tillväxt, vilket lätt sker då annan växtlighet saknas (Thysell 2007). Alger är inget ovanligt i dagvattenanläggningar. Det är lätt att ta bort dem men om de får ligga kan de skapa dålig lukt. I takt med att vegetationen etablerar sig kommer troligen alg tillväxten att förhindras.



Diket trappar sig neråt genom fördämningar av betong.

Anläggningen har tekniska, ekologiska, estetiska och rekreativa ambitioner. Närheten till bostäder kräver god säkerhet, varför stränderna är flacka och vattendjupet högst en meter, förutom vid inloppet där en trumma med diametern 1,6 meter mynnar (Thysell 2007).

Via låga träbryggor kommer man nära vattnet och tar sig emellan stränderna. Den mer äventyrliga kliver på betongelementen som avskiljer de olika sektionerna. Dessa har gjorts breda just för det ändamålet. På vintern blir slänterna pulkabackar.



På låga bryggor kommer man nära vattnet och över diket. Den sparsamma vegetationen accentuerar dikets strama formspråk.

EXEMPEL

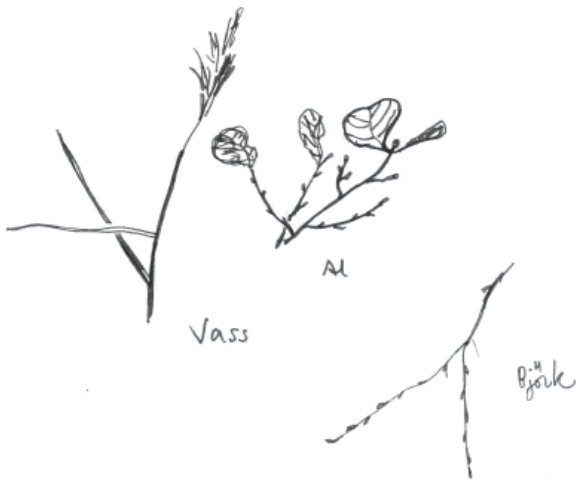
Husie mosse

Denna ”mosse” är egentligen en restaurerad sjö som anlades 1997 för att fördröja och rena vattnet i Risebergabäcken och dagvatten från vägar och bebyggelse (Gatukontoret och VA-verket i Malmö). Den är en av flera anläggningar längs bäcken. Liksom Vintrie dike ligger den i utkanten av Malmö, omgiven av öppna fält. Men till skillnad från dikets strama formspråk är Husie mosse formad för att likna den sjö som en gång låg där. Vattnet binder samman områdets grönstruktur medan stigar och fågelliv ger nya naturupplevelser nära bostäderna.



Husie mosse är en liten och näringsrik sjö. Fåglar trivs i snåren och vassen längs stränderna. Växtarterna är typiska för näringsrika fuktiga miljöer, bland andra vass, al och björk.

Sparsamt med vegetation i vattnet och omgivningen tillsammans med den oregelbundna formen ger intrycket av att sjön är större än den är. Jämfört med Vintrie dike är det ändå tätbevuxet. Vassbälten i kanterna och dungar av träd- och buskvegetation skapar livsmiljöer och skydd för fåglar och andra djur. Utan dessa skulle anläggningen se naken och tom ut.



Ekostaden Augustenborg

Bostadsområdet Augustenborg i centrala Malmö visar en lösning på dagvattenproblem innerstadsmiljö. Området byggdes på 1950-talet med ett kombinerat avlopps- och dagvattennät och en stor andel hårdgjorda ytor. Regnväder gav ofta översvämningar med bilar som flöt omkring i garagen och källarlokalerna som man fick vada igenom (Graham 2002). Förutom dessa tillfälliga olägenheter ger uppsträngande vatten på sikt skador på byggnader och naturen runtomkring som får ta emot orenat dagvatten. Det var en av anledningarna till att Ekostaden Augustenborg har tillkom i samarbete mellan Malmö stad och förvaltaren MKB, Malmös kommunala bostadsbolag, ett antal kommunala förvaltningar och de boende. I likhet med de nybyggda områdena Västra Hamnen i Malmö och Hammarby Sjöstad i Stockholm är tanken att genomgående satsa miljövänliga lösningar. Men boendemedverkan och en bibehållen femtiotalskaraktär har haft lika stor betydelse i Augustenborg och sannolikt bidragit till den positiva utvecklingen.



Kanaler samlar degvattnet från gårdarna.

Augustenborgs dagvattenhantering är ett bra exempel på LOD. Möjligheten till infiltration har betydligt förbättrats genom att byta hårdgjorda ytor mot gröna, ta bort kantstöd vid planteringar och samla upp vattnet i dammar inom området. Lokala lösningar av kanaler och dammar bidrar både till vattenrening och trivsamma spännande gårdsmiljöer och minskar risken för översvämningar (Graham 2002). Vatten i dagen tillför flera goda egenskaper, det har en förmåga att ge liv åt omgivningen och väcka upptäckarlust eller skapa stillhet. Det synliga kretsloppet i närmiljön kan ge speciellt barnen en grundläggande förståelse och respekt för naturens processer. En sådan attityd är av stor betydelse för en hållbar samhällsutveckling. De gröna taken, som är beklädda med sedum- och mossarter, hjälper till med fördröjning och avdunstning av dagvatten. På så vis minskar flödena till marken. De har visat sig kunna reducera den årliga avrinningen med upp till 50 procent (Villarreal 2005). Förutom sina tekniska egenskaper

har taken en förmåga att locka till sig djurliv, vilket ökar den biologiska mångfalden, och pryda utemiljön. De arter av som används på taken är lågväxande och torktåliga. De växer även naturligt i karga lägen som bergskrevor och klipphöllor där de måste klara längre perioder utan nederbörd.



Svackdike för dagvatten med betongelement som förstärker formen. Nedan en damm som pryder en av gårdarna.



EXEMPEL

Hammarby sjöstad – stadsmässigt kretslopp

Hammarby Sjöstad i Stockholm är en ny stadsdel i södra Stockholm med goda trafikförbindelser och vatten som binder samman bebyggelsen längs stränderna. Planeringen började med en OS-dröm och höga miljöambitioner. Trots att det inte blev något Stockholms-OS fortsatte byggandet med lösningar för kretsloppsanpassning. De nya systemen utvärderas och utvecklas fortfarande. Man har satsat mycket på information och synliggörande av de åtgärder som gjorts. Centralt i området finns ett bemannat informationscentrum som är öppet de flesta dagar i veckan. Konstnärlig och arkitektonisk utformning är också en viktig del i sjöstadens karaktär, som i enlighet med namnet är urban. Den täta stadsbebyggelsen lättas upp av vattnet och grönytor i området. Stränderna består till stor del av kajer men en del har en naturligare utformning, med vass och mindre träbryggor för promenader.



Dagvattenkanalen med Hammarbybacken i bakgrunden.

Dagvattnet omhändertas inom området med hjälp av gröna tak, gröna markytor och genomsläppliga beläggningar. Det finns flera dagvattenmagasin där partiklar kan sedimentera på väg till en utjämningskanal. Kanalen går i ett parkstråk mellan husen och mynnar i en konstnärligt utformad vattentrappa. Där syresätts vattnet innan det når Hammarby sjö. Trafikdagvattnet renas med sandfilter eller i en anlagd våtmark med öppet magasin och vattenväxter. Där kan växterna ta upp näring ur vattnet, som sedan förenas med grundvattnet. Som nämns i avsnittet om infiltration har vägdagvatten infiltrerats i skelettjord med träd



Belysning är ett starkt formgivningselement.

i gatumiljö. När försöken utvärderades kunde man konstatera att träden hade utvecklats väl och att det som begränsade infiltrationen var markens kapacitet (Alm 2005).

Belysningen i området är kraftig på grund av närheten till trafik och bostäder. Delvis är den effektiv, snarare konstnärlig än funktionell, vilket passar väl in i den moderna stilen. I ena änden av kanalen finns undervattensbelysning som är riktad rakt uppåt. Det grönaktiga ljuset skapar en mystisk, nästan kuslig atmosfär.



Vattnet håller samman de olika delarna av Hammarby sjöstad och öppnar upp den täta stadsstrukturen med långsträckta vyer.

Problem och farhågor

I byggd miljö ska det finnas skydd som förhindrar barnolyckor vid dammar, det fastställer ordningslagen och plan- och bygglagen. Däremot finns inga regler för utförande av dessa. Ofta görs stränderna flacka för att slippa stängsla in dammen. Om någon skulle hamna i vattnet uppstår då ingen omedelbar fara, så länge bottenmaterialet är tillräckligt fast att man kan ta sig upp. Ett litet barn som är på väg ut hinner bli upptäckt innan det kommer ut på djupt vatten. Långgrunda stränder lockar även fåglar och gör det lättare för växter att etablera sig. Erosionsrisken blir mindre jämfört med branta stränder och växterna hjälper till att hålla jorden på plats (Lönngren 2001). Kanaler i stadsmiljöer har ibland räcken längs kanterna men många kanaler och kajkanter har inga säkerhetsanordningar. Det fungerar uppenbarligen, kanske iakttar man mer försiktighet i dessa miljöer.

Torra dammar ger en annan karaktär än vattenfyllda och stora fluktuationer i vattennivån kan försvåra växtetablering vid stränderna. Rätt dimensioneringen är grunden för att få en önskad vattennivå. Vid låga vattenflöden kan vatten pumpas in i systemet för att hålla vattenytan konstant (Krusemo 2007). Men det är inte alltid nödvändigt med en konstant vattenspegel. I Vintrie dike utanför Malmö tillåts vattennivån fluktuera, vilket kan leda till att det torkar ut ibland under sommaren. De naturliga variationerna i väder och årstid träder tydligt fram och skapar olika karaktärer. Dålig lukt från dammar kan uppstå om det bildas alger som får torka ut. Algbildning sker ofta i varma näringsrika vatten där det är brist på annan växtlighet (Thysell 2007). Det kan således undvikas i stor utsträckning och i annat fall rensas bort när de breder ut sig för mycket.

Problem med myggkolonier i dammar var något som oroade Halmstadsinvånare innan dagvattendammar blev ett vanligt inslag i utemiljön. Dessa farhågor har inte blivit verklighet. Myggor lägger gärna sina ägg i skuggiga, stillastående varma vatten. De kan förekomma i dagvattendammar men där finns ofta andra djur, exempelvis fiskar och grodor, som äter äggen och på så vis håller nere antalet myggor (Lönngren 2001). Alla arter bidrar till biologisk mångfald, så länge ingen breder ut sig för mycket.



Torrlagda dagvattenkanaler ger ett annat intryck än vattenfyllda. Under vintern kan det vara svårt att ha rinnande vatten men på sommaren kan algbildning i kombination med uttorkning orsaka dålig lukt. Augustenborg, Malmö.



Skräp förekommer i dagvattenanläggningar liksom i alla stadsmiljöer. Information om anläggningens funktion och betydelse kan bidra till ökad förståelse och mindre nedskräpning. Hammarby sjöstad, Stockholm.

DISKUSSION

Dagvattenhantering för landskapsarkitekter

Intresset för ekologisk dagvattenhantering har under det senaste decenniet ökat kraftigt, åtminstone att döma av mängden nya dagvattenanläggningar som har tillkommit. Allt oftare syns till exempel dagvattendammar i stadsnära miljö, där de fungerar som ett komplement till befintliga ledningar. Det visar på en vilja att ta till sig nya metoder för att förbättra dagvattenhanteringen, vilket är positivt för strävan mot ett hållbart samhälle. Med strategisk planering, där markområden avsätts för dagvattenanläggningar och gamla uttjänta system successivt byts ut, ökar möjligheterna till ekonomisk lönsamhet och organisatorisk effektivitet.

Mycket tyder på att kraven på dagvattenhantering kommer att öka framöver. Då behövs mer kunskap hos alla inblandade parter och mer samarbete mellan yrkesgrupper för att skapa hållbara system. Planerare, projekterare, beställare, anläggare, förvaltare och brukare tjänar alla på en högre kunskapsnivå eftersom det ger möjlighet att i alla led påverka utvecklingen. Eftersom detta är ett nytt förhållningssätt till dagvattenhanteringen kan också nya arbetsmetoder behöva utvecklas.

Efter att ha studerat litteratur om dagvattenhantering har jag upptäckt hur svårt det är att hitta enkla sammanfattande beskrivningar. Många av de verk jag har funnit är tekniskt inriktade avhandlingar och det är svårt att relatera dem till varandra eftersom de termerna och perspektiven skiljer sig åt. Det finns dock undantag. ED är ett område som utvecklas och mycket

information finns i tidskrifter och på Internet. Detta arbete är ett försök att sammanställa den viktigaste kunskapen för en landskapsarkitekt eller planerare som vill sätta sig in i ämnet. Med tanke på att ED inte ingår i den obligatoriska utbildningen är det inte konstigt om man känner sig okunnig när man ställs inför ett projekt där man förväntas utforma en dagvattenanläggning. Man blir då lättare styrd av andras åsikter och har svårt att själv föreslå alternativa lösningar.

Tekniskalösningar,ekologisamtmark-ochvattenbyggnadärämnesområden som har en central roll inom ED. Som landskapsarkitekt har man inte djupgående kunskap inom något av dessa områden och det är helt i sin ordning. Det är snarare en fördel att veta en del av varje för att kunna ta till sig andras expertis och samordna projektet. Jag har haft som ambition i detta arbete att sätta mig in mer i tekniken runt dagvattenlösningar. Inte för att göra mig oberoende av andra yrkesgrupper utan för att bättre kunna förstå deras synpunkt. Denna kunskap vill jag också förmedla till andra landskapsarkitekter. Jag är nämligen övertygad om att kvaliteten på dagvattenhanteringen kan höjas genom samarbete mellan yrkesgrupper. När olika perspektiv möts föds idéer som sannolikt inte skulle uppstå i tanken hos en av parterna. Landskapsarkitektens kompetens ligger i att samordna de behov och önskemål som finns och att se potential och skapa mervärden utöver dem. Det gäller för dagvattenanläggningar såväl som för andra projekt.

Förslaget

Detta arbete ger både en kunskapsöversikt och ett gestaltungsförslag. Kopplingen mellan teori och praktik är viktig för att ge en tydlig beskrivning som är lätt att ta till sig.

Förslaget visar hur en dagvattenanläggning i stadsnära miljö kan utformas. Två av målen med förslaget är att förbättra tillgängligheten till Steningedalen och vattenkvaliteten i Märstaån vid utloppet i Steningeviken.

Idén om en dagvattenanläggning på den aktuella platsen kommer från Sigtuna kommun och därför finns goda möjligheter till genomförande. Eftersom detta är ett examensarbete har förslaget inte begränsats till kommunens idéer även om hänsyn har tagits till vissa önskemål. Förslaget ska ge en bild av hur en dagvattenanläggning på platsen skulle kunna utformas och fungera som utgångspunkt för diskussioner. Eventuellt utförande av förslaget kräver grundundersökningar, samt detaljstudier av vissa delar. Bland annat är Märstaåns inlopp i dammsystemet inte undersökt med hänsyn till höjder och till avvattning av marken som diket idag står för. Det vore också lämpligt att noggrannare kontrollera vattenkvaliteten och föroreningskällorna för att skapa bättre förutsättningar för rening.

Att välja väg

Redan i början av utbildningen fick man höra begreppet LOD. Det stod för lokalt omhändertagande av dagvatten och innebar bortledning av nederbördsvattnet med hjälp av naturen istället för via brunnar. Jaha, det lät ju miljövänligt och bra, hann man väl tänka innan den febrila kampen för korrekt utplacering av höjdangivelser och dagvattenbrunnar återupptogs. Det är ju i alla fall en beprövad lösning som alla lärare och handledare kan hjälpa till med. Stressen av strävan efter det fulländade projektet, där alla behov är tillgodosedda i en kongenial utformning, hjälps inte av att ännu fler uppgifter lassas på. Man gör sina egna avvägningar och för mig blev LOD tillsvidare en lätt fjäder som blåstes iväg av en djup suck.

Jag struntade i LOD. Eller väntade på att det skulle liksom fjädern komma dalande ner i mitt knä. På sätt och vis blev det så. Det hängde i luften ett tag medan mina tankar mognade. Plötsligt damp det ner; jag insåg att LOD och det för mig nya begreppet ED innehöll det bästa av landskapsarkitekturen. Det lockar med visionen om ett hållbart samhälle, med möjligheterna till varierande utformning och kombination av funktioner, med förståelse för naturens processer och tekniska lösningar och inte minst med vattnet som element. Vatten har en enorm kraft att skapa olika stämningar med ljud, ljus och rörelse och det speglar skiftningar i väder och årstid på ett fantastiskt sätt. Dessutom är det som sagt under utveckling, vilket gör det ännu mer spännande.

Arbetsprocessen

Examensarbetet ska sammanfatta studierna och visa att man har tillägnat sig den kunskap som utbildningen erbjuder. Men det är lika mycket en lärandeprocess. Resans gång kantas av frågetecken. Den börjar med några och flera tillkommer medan andra räts ut på vägen. En del hänger sig envist kvar. När man till slut når målet för sitt hårda arbete, när man har löst det som lösas skulle och färdigställt en produkt, då inser man att man likförbaskat inte sitter inne med alla svaren.

Om man som jag känner att den långa processen i stora delar har varit tradig och overksam kan man trösta sig med att den tiden är lärotid. Det är inte bara slutprodukten som räknas, även om det är det mest självklara och konkreta resultatet av arbetet. Frågor och tankar som väcks och bearbetas under processen är ibland till och med mer intressanta än själva svaren. De leder arbetet vidare genom sin ofullständighet. Svaren är sig själva nog och låter sig nöja med det medan frågorna kräver mer – och därför ger mer. Eftertanken har en mening, en mening utan punkt. Därför är den långa vägen mot examen betydelsefull i sig själv. Eller som Karin Boye så vackert uttrycker det i en av mina favoritdikter (I rörelse):

*Nog finns det mål och mening i vår färd
Men det är vägen som är mödan värd*

För inte alls länge sedan var jag på ett kursseminarium där deltagarna hade fått i uppgift att beskriva gestaltningsprocessen. Det var intressant att se hur idéerna skilde sig åt men också hade liknande upplägg. De hade alla en klar början följt av kreativt kaos och slutligen en mer och mer ordnad väg till ett tydligt mål.

Kursdeltagarnas enkla teckningar av denna svårfångade företeelse gav inspiration till mina tankar att ge uttrycka min egen gestaltningsprocess. Jag tänker mig jobbiga delar som ett nät man måste komma igenom. Det består av klibbiga elastiska trådar som korsar varandra i ett enda virrvarr, i stil med något av rummen i ”Fångarna på fortet” fast mångdubbelt svårare. Detta nät har varit ett ofta återkommande inslag i examensarbetandet och visst blir man trött av att kämpa sig igenom dem. Trots ansträngningen känner man sig starkare på andra sidan. Det är konstigt vad lätt det känns när man har tagit sig an utmaningen och klarat av den.

Trots att jag ofta under detta långa projekt har tyckt mig klättra i det där nätet. Trots att jag mer än många gånger har ifrågasatt min förmåga att nå ända fram. Och trots att jag vid upprepade tillfällen har sneglat i kaffesumpen i hopp att finna min rätta yrkesbana. Ja, trots alla vedermödor, eller snarare tack vare dem – tack vare att de inte har hindrat mig från att fortsätta – ser jag nu helt klart att jag är på rätt väg. Ljuset har växlat från gult till grönt; det är bara att köra på!

REFERENSER KÄLLOR

Skriftliga källor

- Alm, H. (2005). *Skelettjord - att hantera dagvatten i trafikmiljö*. Stockholm Vatten AB. (Stockholm Vatten rapport 2005-24). Tillgänglig på <http://www.hammarbysjostad.se/miljo/pdf/HenrikAlm.pdf>
- Elert, M. (2006). *Bedömning av riskreduktion vid efterbehandling - fas I*. Naturvårdsverket (Rapport 5540, 2006). Tillgänglig på [www. http://www.naturvardsverket.se/Documents/bokhandeln/620-5540-2.htm](http://www.naturvardsverket.se/Documents/bokhandeln/620-5540-2.htm)
- Europeiska kommissionen (2002). *Vatten är liv - Ramdirektivet för vatten*. Europeiska gemenskaperna. Tillgänglig på http://www.vattenportalen.se/docs/leaflet_sv.pdf
- Fergusson, B. (1998). *Introduction to Stormwater: concept, purpose, design*. John Wiley & Sons, Inc.
- Borlänge Energi Stadsmiljö (?). *Framtidsdalens parker och gator*. Borlänge Energi. Broschyr.
- Färm, C. (2003). *Rening av dagvatten genom filtrering och sedimentation*. Svenskt Vatten AB (VA-forsk rapport nr 2003-16). Tillgänglig på <http://vav.griffel.net/vav.htm>
- Gatukontoret och VA-verket i Malmö (?). *Vattenmiljöer i Malmö*. Malmö stad.
- Gerklev, J. (1994). *Lokalt utnyttjande av dagvatten (LUD)*. TEM, Lunds universitet.
- Graham, T. (2002). *Augustenborg - ett hållbart folkhem*. Ekostaden Augustenborg. Tillgänglig på http://www.ekostaden.com/pdf/aug_hallbart_folkhem.pdf
- Hammarby Sjöstad - en unik miljösatning i Stockholm. GlashusEtt 2006.
- Jansson, E., Lind, B. och Malbert, B. (1992). *Lokal dagvattenhantering - Erfarenheter från några anläggningar i drift*. Svenskt Vatten AB (VA-forsk rapport nr 1992-09).
- Larm, T. (1996). *Towards an Integrated Watershed Management - System identification, material transport, and stormwater handling*. Licentiatavhandling Kungliga tekniska högskolan (TRITA-AMI LIC 2013).
- Larm, T., Linder, M., Ekroth, P. (2006). *Omledning av Rosersbergsbäcken, Märsta*. Tekniskt PM. Sweco VIAK. Opublicerad.
- Larsson, T. (red.) (2003). *Våtmarker i Norden och Ramsarkonventionen - om skydd, skötsel och utnyttjande*. Nordiska ministerrådet; Naturvårdsverket. Tillgänglig på <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=35754&lan=SV>
- Lynch, K. (1960). *The Image of the City*. Cambridge: M.I.T. Press.
- Lönnngren, G. (2001a). *Vatten i dagen - exempel på ekologisk dagvattenhantering*. Svensk byggtjänst (serien Stad & Land).
- Lönnngren, G. (2001b). *Vatten i dagen - exempel på ekologisk dagvattenhantering*. Svensk byggtjänst (serien Stad & Land). Citerar VBB VIAK (1998). *Klassificering av dagvatten och recipienter samt reningskrav*. På uppdrag av Stockholm Vatten AB. PM. Opublicerad.
- Mróz, A. (red.) (2003). *Dagvatten från miljöfarlig verksamhet - En rapport inom ramen för ett av målen i Stockholms miljöprogram; Mål 4 - ekologisk planering och skötsel*. Miljöförvaltningen i Stockholm. Tillgänglig på http://www.miljobarometern.stockholm.se/content/pdf/mp/4/dagvatten_miljofarlig_verksamhet.pdf
- Naturvårdsverket (2006). *Sveriges 16 miljömål* (2006). Tillgänglig på http://miljomal.nu/las_mer/infomaterial/broschyrer/broschyrer.php
- Niemczynowicz, J. (1999). *Internationell sammanställning av erfarenheter med ekologisk dagvattenhantering*. VAV AB (VA-forsk rapport 1999-01).
- Persson, J. (1997). *Utformning av dammar: En litteraturstudie med kommentarer om dagvatten-, polerings- och miljödammar*, Chalmers tekniska högskola, Göteborg (Rapportserie B:63).
- Pettersson, T (1999a). *Stormwater Ponds for Pollution Reduction*. Chalmers tekniska högskola, Inst. VA-teknik, Göteborg (Doktorsavhandling nr14).
- Pettersson, T (1999b). *Stormwater Ponds for Pollution Reduction*. Chalmers tekniska högskola, Inst. VA-teknik, Göteborg (Doktorsavhandling nr14). Citerar Wren, C.D. och Bishop, C.A. (1996), *Risk of Chemicals in Stormwater Ponds and Constructed Wetlands to Fish and Wildlife*. In: Proc. 31st Central Canadian Symp. On Water Poll. Res., Burlington, Canada.
- Riktlinjer för dagvatten Sigtuna kommun. Antagen av kommunstyrelsen 2003. Tillgänglig på <http://www.sigtuna.se/templates/Page.aspx?id=5097>
- Skoog, A-K. (2007). *Våtmarker i urbana miljöer - växtgestaltning och planering*. Examensarbete i landskapsarkitektur, Sveriges lantbruksuniversitet, Inst. för Stad och Land, Uppsala. Tillgänglig på <http://ex-epsilon.slu.se/archive/00002052/>
- Sonntag-Öström, E. (2007). *Skrylleområdet - naturupplevelse som motivation till motion?* Examensarbete Sveriges lantbruksuniversitet, Inst. för landskapsplanering, Alnarp (Nr: 2007:8). Tillgänglig på <http://ex-epsilon.slu.se/archive/00001895/>
- Stahre, P. (2004). *En långsiktigt hållbar dagvattenhantering - planering och exempel*. Svenskt Vatten AB (RApport nr C21103). Tillgänglig på <http://vav.griffel.net/vav.htm>
- Strömberg, R. (2000). *Tillsyn över vattenverksamhet - Genomgång av vissa frågor*. Naturvårdsverket förlag (Rapport 5126). Tillgänglig på <http://www.naturvardsverket.se/Documents/bokhandeln/620-5126-1.htm>
- Svensson, J., Fleischer, S., Rosenqvist, T., Stibe, L. och Pansar, J. (2006a). *Ekologisk dagvattenhantering i Halmstad*. Svenskt Vatten AB (VA-forsk-rapport nr 2002-7).
- Svensson, J., Fleischer, S., Rosenqvist, T., Stibe, L. och Pansar, J. (2006b). *Ekologisk dagvattenhantering i Halmstad*. Svenskt Vatten AB (VA-forskrapport nr 2002-7). Citerar Eriksson, P.G. och Weissner, S.E.B. (1997), Nitrogen Removal in a Wastewater Reservoir: the Importance of Denitrification of Epiphytic Biofilms on Submersed Macrophytes. Journal of Environmental Quality, 26, 905-910.
- Svensson, J., Fleischer, S., Rosenqvist, T., Stibe, L. och Pansar, J. (2006c). *Ekologisk dagvattenhantering i Halmstad*. Svenskt Vatten AB (VA-forskrapport nr 2002-7). Citerar André, I., Schneider, H. och Rubio, J. (1999). Sorption of Heavy Metal Ions by the Nonliving Biomass of Freshwater Macrophytes. Environ. Sci. Technol. 33:2213-2217.
- Villareal, E. L. (2005a). *Beneficial use of stormwater - Opportunities for urban renewal and water conservation*. Lunds tekniska högskola, Lunds universitet (Report No 1032).
- Villareal, E. L. (2005b). *Beneficial use of stormwater- Opportunities for urban renewal and water conservation*. Lunds tekniska högskola, Lunds universitet (Report No 1032). Citerar Scholz-Barth, K. (2001). *Green on top*. Urban Land. Juni.
- Villareal, E. L. (2005c). *Beneficial use of stormwater - Opportunities for urban renewal and water conservation*. Lunds tekniska högskola, Lunds universitet (Report No 1032). Citerar Eumorfopoulou, E. and Avarantinos, D. (1998). *The contribution of a planted roof to the thermal protection of buildings in Greece*. Energy and Buildings 27.
- Villareal, E. L. (2005d). *Beneficial use of stormwater - Opportunities for urban renewal and water conservation*. Lunds tekniska högskola, Lunds universitet (Report No 1032). Citerar Köhler, M., Schmidth, M., Grimme, F.W., Laar, M., de Assunção Paiva, V.L. och Tavares, S. (2002). *Greenroofs in temperate climates and in the hot-humid*

tropics – far beyond the aesthetics. Environmental Management and Health, 13,4.

Villareal, E. L. (2005e). *Beneficial use of stormwater - Opportunities for urban renewal and water conservation*. Lunds tekniska högskola, Lunds universitet (Report No 1032). Citerar Wong, N.H., Cheong, D.K.W., Yang, H., Soh, J., Ong, C.L. and Sia, A. (2003). *The effects of rooftop garden on energy consumption of a commercial building in Singapore*. Energy and Buildings 35.

Westlin, A. (2004). *Dagvatten från Parkeringsytor*. Examensarbete Kungliga tekniska högskolan, Stockholm Vatten AB (R nr 27-2004). Tillgänglig på http://www.stockholmvatten.se/Stockholmvatten/commondata/rapporter/avlopp/Dagvatten/Dagvatten_parkeringsplatser.pdf

Vägverkets enhet för statlig väghållning (1998). *Rening av väg dagvatten* Vägverket. Borlänge (Publ. 98:009).

Översiktsplan för Sigtuna kommun 2002. Stadsbyggnadskontoret, Sigtuna kommun.

Elektroniska källor

Falk (2004). *Dagvatten - en kunskapsöversikt om föroreningar, recipientpåverkan, behandlingsmetoder och strategier*. Sveriges kommuner och Landsting. Tillgänglig på <http://www.skl.se/artikel.asp?A=8905&C=3365&ArticleVersion=2> (2008-02-08).

Lundstedt, L. (2007). *Hur fungerar vattenförvaltningen?*. <http://www.vattenmyndigheterna.se/vattenmyndigheten> (2008-02-08).

Malmqvist, P.A. (2003). *Vilka tekniska lösningar (BMPs) är bäst för miljön?*. Svenskt Miljöforum 2003, Urban Water, http://www.smhi.se/miljoforum/E_4.pdf (2007-09-06).

Malmö stads miljöförvaltning. *Ekostaden Malmö*. www.ekostaden.com (2007-10-10)

Miljödomstol (2007). Sveriges domstolar. http://www.dom.se/templates/DV_InfoPage___907.aspx (2008-01-09).

Miljömålsrådet (2007). Bakgrund - varför miljömål?. Miljömålsportalen http://www.miljomal.nu/om_miljomalen/bakgrund.php (2008-03-27)

Ramsarkonventionens sekretariat. *What is the Ramsar Convention on Wetlands?*, Ramsar Information Paper no. 2. <http://www.ramsar.org/about/info2007-02-e.pdf> (2007-11-15).

Sigtuna kommun (2007a). *Märsta åpark*. Sigtuna kommuns hemsida. <http://www.sigtuna.se/templates/Page.aspx?id=6665> (2007-10-11).

Sigtuna kommun (2007b). *Steningedalens naturreservat*. Sigtuna kommuns hemsida. <http://www.sigtuna.se/templates/Page.aspx?id=7214> (2007-10-11).

Sveriges geologiska undersökning (2007). *SGU och EU:s ramdirektiv för vatten*. <http://www.sgu.se/sgu/sv/samhalle/grundvatten/ramdirektiv/index.html> (2007-11-15).

Sveriges geologiska undersökning och Naturvårdsverket (1999). *Miljö kvalitetsmål 2 - Grundvatten av god kvalitet*. http://miljomal.nu/las_mer/rapporter/myndigheter/grundvat.pdf (2007-11-15).

Muntliga källor

Eriksson, Michael. Gatu- och parkchef i Sigtuna kommun. Samtal april och september 2007.

Krusemo, Bengt. Byggnadsingenjör SBR. Bjerking AB Uppsala. Samtal under 2007 och 2008.

Nilsson, Katarina. Landskapsarkitekt. Borlänge Energi. Samtal 12 oktober 2007.

Stenberg, Sofia. Landskapsarkitekt. Borlänge Energi. Samtal 12 oktober 2007.

Thysell, Ulf. Enhetschef på VA Syd. Telefonsamtal oktober 2007.

Bildkällor

Miljömålsportalen, www.miljomal.nu (2008). Bild på sidan 26.

Nitschke, G. (2003). Japanese Gardens - Right Angle and Natural Form. Taschen. Bild på sidan 23.

Sveriges Natur nr 4/07. Svenska naturskyddsföreningen. Foto: Johan Hammar. Bild på sidan 18 respektive 31.

Övriga bilder av författaren.

Intressant om dagvatten och hållbart samhälle

Urban Water, www.urbanwater.se

Svenskt Vatten, www.svensktvatten.se

Vattenportalen, www.vattenportalen.se

Miljömålsportalen, www.miljomal.nu

Sveriges geologiska undersökning, www.sgu.se

Naturvårdsverket, www.naturvardsverket.se

Baksidan: Skymning i Märsta vattenpark. Vattnet kan anas bland landskapets silhuetter.

